

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

ФАКУЛЬТЕТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК
КАФЕДРА ХІМІЇ



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ДИСЦИПЛІНИ
«ЗАГАЛЬНА ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ»

ДЛЯ СТУДЕНТІВ
ФАКУЛЬТЕТУ ПРИРОДНИЧИХ НАУК
спеціальність «ХІМІЯ»

КИЇВ
2026

Методичні рекомендації з дисципліни «Загальна хімічна технологія» для студентів факультету природничих наук. Спеціальність – «Хімія» / Укл.: Забава Л.К., Носач В.В. – К.: НаУКМА, 2026. – 150 с.

Укладачі:

Забава Луція Казимирівна, канд. техн. наук, доцентка
Носач Вікторія Вікторівна, асистентка викладача

Рецензенти:

Бровко О.О., д-р хім. наук, професор
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України),

Павленко В.О., д-р хім. наук, професор
(Київський Національний університет імені Тараса Шевченка)

Вакулук П.В., д-р техн. наук, професорка (НаУКМА)

Навчально-методичний посібник рекомендовано для самостійної підготовки до лабораторно-практичних і лабораторних занять з дисципліни «Загальна хімічна технологія» для студентів/студенток факультету природничих наук за спеціальністю «Хімія».

Посібник містить програму дисципліни, плани лекційних і лабораторно-практичних занять з дисципліни «Загальна хімічна технологія», приклади розв'язування типових задач і задачі для самостійного розв'язування, а також методичні рекомендації та інструкції для виконання лабораторних робіт – експериментальних досліджень, а також завдання для самостійної роботи студентів/студенток. Крім того наведено перелік питань для проміжного та підсумкового контролю і критерії оцінювання здобутих знань і набутих вмінь. Важливим і цікавим є тлумачний словничок наукових термінів, які часто вживаються в науці і техніці.

Рекомендовано до друку
Вченою Радою НаУКМА
Протокол № 23 від 30 грудня 2025 р.

ISBN 978-617-7668-98-4
УДК: 66.0(075.8)

© Л. Забава, В. Носач,
укладання та авторське редагування
© НаУКМА, 2026

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	3
Навчальна програма дисципліни «Загальна хімічна технологія»	6
Результати навчання. Методи викладання та навчання. Форми оцінювання ..	10
Календарний план занять	14
Тематичний план занять	15
Основні поняття технології	18
Лекційні заняття. Плани занять	19
Лабораторно-практичні заняття. Питання для самоперевірки засвоєного матеріалу	26
Завдання для самостійної роботи	39
Розрахункові задачі. Приклади розв'язування задач. Задачі для самостійного розв'язування	47
Рекомендації та інструкції щодо виконання лабораторних робіт	74
Лабораторна робота 1. Технічний аналіз води	79
Лабораторна робота 2. Очищення води методом йонного обміну	86
Лабораторна робота 3. Одержання та аналіз мінерального добрива амоній сульфату	92
Питання для підсумкового контролю	102
Критерії оцінювання роботи на заняттях	109
Критерії підсумкового оцінювання здобутих знань і набутих вмінь	110
Вимоги та рекомендації до прослуховування курсу	112
Політика академічної доброчесності	112
Політика гендерної рівності та недискримінації	113
Тлумачний словничок	114
Список рекомендованої літератури	145
Список використаної літератури	146
Додаток А	148
Додаток Б	149
Таблиця. Періодична система хімічних елементів	150

ВСТУП

Посібник рекомендовано студентам/студенткам факультету природничих наук університетів для вивчення дисципліни «Загальна хімічна технологія».

Загальна хімічна технологія є фундаментальною наукою, тому дисципліна «Загальна хімічна технологія» є обов'язковою, вивчення якої закладає основи знань і формування вміння та спеціальних компетентностей, необхідних для майбутнього фахівця – як науковця-дослідника, так і інженера-хіміка згідно зі Стандартом вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, затвердженим і введеним у дію наказом Міністерства освіти і науки України від 24.04.2019 р. № 563 за спеціальністю ЕЗ «Хімія» у галузі знань Е «Природничі науки, математика та статистика» (до закінчення 2028-2029 навчального року – спеціальність 102 «Хімія» у галузі знань 10 «Природничі науки»).

Дисципліна «Загальна хімічна технологія» як і наука поєднує в собі неорганічну та органічну, фізичну та колоїдну хімії, хімію високомолекулярних сполук, фізику, математику та багато інших інженерних дисциплін. Послідовність вивчення навчального матеріалу у програмі є традиційною для класичних університетів з урахуванням отриманих знань з курсів неорганічної, аналітичної, органічної, хімії високомолекулярних сполук, фізичної та колоїдної хімії, а також фізики та математики, біології та екології.

Мета навчальної дисципліни

Навчитися розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, основні закономірності, що стосуються хімічних технологій і їх апаратного оформлення, зв'язок між змістом і результатами досліджень та впровадженням їх у виробництво. Навчитися виконувати необхідні обчислення для аналізу та оцінки конкретних технологій одержання хімічних продуктів, а також набути загальні, спеціальні (фахові, предметні) та інтегральну компетентності. Використовувати здобуті теоретичні знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички для застосування у професійній діяльності та для вирішення задач і проблем у галузі хімії.

Знання основних закономірностей здійснення хімічних процесів і застосування типових і сучасних методів хімічної технології дозволяють використовувати найбільш раціональні технологічні процеси та способи виробництва хімічної продукції з врахуванням екологічних вимог щодо

збереження та охорони повітря, води і ґрунтів. Звернення до інших природничих наук і екології є корисним доповненням до курсу та дозволяє формувати засади безпеки і стабільності життєдіяльності людства.

Обов'язкову дисципліну «Загальна хімічна технологія» рекомендовано для студентів/студенток 4-го року навчання на бакалаврській програмі факультету природничих наук за спеціальністю «Хімія» як науку, знання з якої, вміння та сформовані компетентності будуть вкрай необхідні майбутнім фахівцям-хімікам для безпосередньої участі у підвищенні наукового потенціалу, створенні та впровадженні у виробництво сучасних технологій, реновації та відбудові промислових підприємств після війни для відновлення високого рівня індустріальної потужності України.

Обсяг матеріалу розрахований на два семестри викладання: загальна кількість годин – 240; аудиторні години – 84, у тому числі: лекції – 42 год, практично-лабораторні заняття – 42 год; самостійна робота – 156 год, кількість кредитів ЄКТС (ECTS) – 8. Лабораторні заняття проводяться у лабораторії, розрахованій на 10 робочих місць; інструкції та протоколи лабораторних робіт і завдання для самостійної роботи студентам надаються. Контроль знань здійснюється у формі заліку та екзамену.

Основне завдання курсу «Загальна хімічна технологія» – на рівні, достатньому для формування майбутніх фахівців – як науковців-дослідників, так і технологів й інженерів-хіміків навчитися належно класифікувати і характеризувати хіміко-технологічні процеси та фізико-хімічні закономірності їх здійснення, раціонально використовувати природну сировину та енергоресурси в конкретних виробництвах хімічної галузі промисловості, а також освоїти методи й засоби охорони навколишнього середовища для його збереження та вирішення екологічних проблем; сформулювати практичні навички постановки та виконання експерименту, що відтворює технологічний процес, роботи з відповідним технічним і технологічним обладнанням, а також аргументовано аналізувати і обробляти результати, користуватися спеціальною та довідковою літературою.

Звершивши курс студенти/студентки повинні **вміти**: за допомогою основних технологічних понять аналізувати сировинну та енергетичну бази України для ефективного розвитку хімічної промисловості, вплив технологічних параметрів на хіміко-технологічні процеси виробництва продукції; класифікувати

хіміко-технологічні процеси й технологічні схеми, а також їх типові класичне та сучасне апаратне оформлення; виконувати основні промислово-технологічні розрахунки – матеріальний та енергетичний баланси, обчислювати швидкість й інтенсивність хімічних процесів, потужність промислового обладнання, вихід продукту; швидко орієнтуватися і приймати належні рішення під час виконання експериментів, використовуючи для досягнення бажаних результатів теоретичні знання, а також набуті на лабораторно-практичних і лабораторних заняттях навички та відповідні компетентності:

- здатність самостійно здобувати сучасні знання та опановувати сучасні технології в галузі хімії;

- здатність планувати і здійснювати хімічний експеримент і дослідження, використовуючи належне хімічне обладнання;

- здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати й інтерпретувати експериментальні дані та отримані результати, застосовуючи сучасні методи, спеціальне програмне забезпечення та моделювання в хімії;

- здатність розпізнавати й аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані способи їх вирішення, приймати обґрунтовані рішення і розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі хімії;

- здатність використовувати найбільш раціональні технологічні способи і високоефективні технологічні процеси виробництва хімічної продукції та модернізувати сучасні виробництва хімічної промисловості;

- здатність оцінювати і мінімізувати ризики для навколишнього середовища під час професійної діяльності;

- здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності, використовуючи сучасні інформаційно-комунікаційні технології);

- здатність чітко та грамотно представляти результати своїх досліджень у письмовому вигляді державною та іноземною мовами з урахуванням мети спілкування;

- здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які виникають перед фахівцями в галузі хімії, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (наукова доброчесність).

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв.

Найважливіші технологічні поняття і визначення. Класифікація хіміко-технологічних процесів. Технологічні схеми процесів. Промислово-технологічні розрахунки, матеріальний та енергетичний баланси, швидкість й інтенсивність хімічних процесів, потужність обладнання та виробництва.

Основні завдання та етапи науково-дослідницької, дослідно-промислової та проектної роботи в хімічній технології. Підготовка технічної документації для впровадження технологій у виробництво.

Тема 2. Сировина та енергія в хімічній промисловості

Сировина в хімічній промисловості. Основні види та ресурси сировини. Мінеральна сировина та її класифікація. Добування, підготовка до переробки у виробничому процесі, збагачення сировини та одержання концентратів. Відбір середньої проби, аналіз хімічного складу та якості сировини. Повітря як сировина у хімічних технологіях.

Енергія у хімічній промисловості. Класифікація паливно-енергетичних ресурсів, технологічні характеристики палива. Використання вторинних енергетичних ресурсів. Сучасні технології та обладнання у виробництві біопалива. Сучасні альтернативні джерела енергії та застосування їх у хімічних технологіях.

Тема 3. Вода в хімічній технології

Класифікація природних вод за складом і властивостями. Функції води у хімічній технології. Методи аналізу та очищення води у процесі водопідготовки. Метод йонного обміну в технології очищення води. Створення водооборотних виробництв.

Склад, властивості і класифікація стічних вод. Технологія очищення стічних вод хімічної та інших галузей промисловості.

Мембранні та сорбційні технології у водопідготовці та для очищення стічних вод. Основні закономірності мембранних процесів.

Тема 4. Хімічна технологія та охорона навколишнього середовища

Основні напрямки науково-технологічного процесу в забезпеченні охорони довкілля. Класифікація промислових забруднень біосфери. Джерела забруднення

атмосфери, гідросфери та літосфери. Механічні, фізичні, хімічні та фізико-хімічні методи очищення від забруднень біосфери.

Очищення промислових викидів. Очистка газів хімічних виробництв. Переробка твердих відходів, створення безвідходних технологічних процесів. Виробництво біогазів та біопалива з твердих відходів.

Тема 5. Основні фізико-хімічні закономірності здійснення хіміко-технологічних процесів

Термодинамічні та кінетичні закономірності хіміко-технологічних процесів.

Вплив концентрації реагентів, тиску, температури, площі поверхні реагентів та інших фізико-хімічних чинників на перебіг хіміко-технологічних процесів у гомогенних і гетерогенних системах. Каталіз у технологічних промислових процесах.

Тема 6. Виробництво сульфатної кислоти

Сировинна база для виробництва сульфатної кислоти. Виробництво сірчастого газу. Контактний спосіб виробництва сульфатної кислоти з колчедану. Нітрозний спосіб виробництва сульфатної кислоти. Виробництво сульфатної кислоти із сірки та сірководню. Особливості технологічного обладнання у виробництві сульфатної кислоти. Сучасні методи виробництва сульфатної кислоти. Методи концентрування сульфатної кислоти. Застосування сульфатної кислоти у хімічній промисловості.

Тема 7. Виробництво водню, кисню, азоту, амоніаку та нітратної кислоти

Виробництво азоту та кисню зрідженням повітря. Виробничі установки для розділення азоту та кисню.

Виробництво водню методами конверсії водяного газу та метану, каталітичної конверсії метану та карбон(II) оксиду, високотемпературної конверсії метану та фракціонування коксового газу.

Методи зв'язування атмосферного азоту. Фізико-хімічні основи та технологічні особливості процесу синтезу амоніаку. Промислові установки для синтезу амоніаку.

Методи виробництва нітратної кислоти. Виробництво розведеної та концентрованої нітратної кислоти. Застосування нітратної кислоти у хімічних виробництвах.

Тема 8. Технології виробництва солей

Застосування солей у промисловості та сільському господарстві. Класифікація добрив, їхні агрохімічні властивості і функціональне значення. Виробництво фосфатних добрив. Виробництво нітрогенвмісних добрив – амоніачної селітри, амоній сульфату, карбаміду та інших. Тверді та рідкі нітрогенвмісні добрива. Особливості виробництва калійних добрив. Виробництво комплексних добрив.

Технологія виробництва содових продуктів. Виробництво кальцинованої та харчової соди. Методи виробництва каустичної соди. Промислове застосування содових продуктів.

Тема 9. Електрохімічні та електротермічні виробництва

Основні закони електрохімії. Виробництво натрій гідроксиду та лужних металів, а також хлору електролізом водних розчинів і розплавів солей. Виробництво водню та кисню електролізом води.

Використання електролітичного хлору у виробництві хлоридної кислоти, а також натрій гіпохлориту і хлорного вапна. Виробництво речовин – сильних окисників електрохімічними методами.

Виробництво карбиду та ціанаміду кальцію термічним способом. Особливості виробництва фосфору та фосфатної кислоти термічним способом.

Тема 10. Основи металургії. Чорна металургія. Виробництво кольорових металів

Хімічні і технологічні основи та особливості металургійних процесів. Сировина та допоміжні матеріали у виробництві металів. Доменний процес, виробництво чавунів і феросплавів.

Мартенівський, бесімерівський, томасівський, киснево-конверторний та електрометалургійний процеси у виробництві сталей. Типи сталей і їх застосування. Термічні способи обробки сталей.

Технологічні процеси кольорової металургії. Порошкова металургія. Класифікація рідкісних металів і значення їх для хімічної промисловості. Рідкісноземельні елементи в мінералах у природі та способи їх переробки. Виробництво металів: міді, алюмінію, цинку, свинцю, титану, молібдену, германію, вольфраму, ванадію, ніобію, танталу, цирконію та гафнію. Способи виробництва малоактивних металів платини, золота і срібла.

Виробництво радіоактивних металів урану та плутонію, ядерні процеси.

Тема 11. Переробка твердого палива, нафти і газів

Види палива та способи його переробки. Піролізний та гідролізний способи переробки деревини. Коксування кам'яного вугілля, переробка коксового газу та кам'яновугільної смоли.

Методи підготовки нафти як сировини та очистка нафтопродуктів. Первинна атмосферно-вакуумна перегонка нафти і деструктивні методи переробки нафти: термічний і каталітичний крекінг. Класифікація нафтопродуктів і їх застосування.

Гідрогенізація твердого та важкого рідкого палива.

Газифікація твердого палива. Виробництво генераторного, водяного та побутового газів. Підземна газифікація кам'яного вугілля.

Сучасні технології виробництва біопалива та їх перспективи.

Тема 12. Технологія виробництва органічних речовин

Виробництва продуктів важкого (або основного) органічного синтезу. Синтез на основі карбон(II) оксиду (виробництво метанолу та формальдегіду). Процеси окиснення в органічному синтезі (виробництво фенолу та формальдегіду). Гідратація органічних сполук (виробництво етанолу). Нітрування та амінування в органічному синтезі (виробництво аніліну та нітробензену). Галогенування органічних сполук (виробництво дихлоретану, вінілхлориду та хлорбензену). Виробництво ацетилену та синтези на його основі (виробництво ацетальдегіду, ацетону, оцтової кислоти і її етерів).

Виробництва продуктів тонкого органічного синтезу.

Сучасне технологічне обладнання у виробництві органічних речовин.

Полімерні матеріали для виробництва термопластичних і термореактивних пластмас. Методи виробництва полімерних матеріалів. Виробництво хімічних волокон: штучних, синтетичних полімерних і мінеральних. Виробництво каучуків і гуми. Наповнювачі та їх застосування у виробництві композитних полімерних матеріалів. Методи виробництва полімерних композитів і особливості обладнання для їх формування.

Тема 13. Сучасні технології виробництва фармацевтичних засобів

Класифікація лікарських форм. Технологія виробництва твердих лікарських форм. Технологія виробництва рідких лікарських форм. Технологія виробництва м'яких лікарських форм. Технологія виробництва стерильних і асептичних лікарських форм.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ. МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ. ФОРМИ ОЦІНЮВАННЯ

Результати навчання	Методи викладання і навчання	Форми оцінювання
ПР01. Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії. ПР04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики. ПР10. Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань. ПР13. Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань. ПР14. Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей. ПР15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних. ПР17. Працювати самостійно	<u>Лекційні заняття</u> з обов'язковим інтерактивним спілкуванням викладач/викладачка – студент/студентка для належного розуміння викладеного матеріалу, обговорення та аналізу причиново-наслідкових зв'язків для формування у студентів/студенток здатності до критичного мислення, а також первинного контролю засвоєння матеріалу. <u>Лабораторно-практичні заняття</u> спрямовані на засвоєння необхідних практичних навичок застосування отриманих теоретичних знань, зокрема, про властивості хімічних речовин, хімічні реакції згідно з основними законами хімії та умови їх здійснення з використанням технологічного промислового обладнання для створення хімічних технологій виробництва основної продукції металургії, хімічної, нафтопереробної та інших галузей промисловості. Розв'язування розрахункових задач, виконання промислово-технологічних розрахунків, матеріального та енергетичного балансів для раціонального використання природної сировини, матеріалів, водних і енергоресурсів, а також залежності виходу готової продукції від технологічних параметрів технологічного процесу, обчислення потужності промислового обладнання, та інтенсивності виробництва. Студенти/студентки мають: - використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення	Поточний контроль активної участі студентів на <u>лабораторно-практичних заняттях</u> у групових обговореннях засвоєного теоретичного матеріалу з кожної теми навчальної програми, а також самостійно підготованих доповідей і презентацій про конкретні хімічні технології у промисловому виробництві. Набуття практичних навичок у промислово-технологічних розрахунках контролюється виконанням задач і аналізом обчислень матеріального балансу і технологічних показників. Перевірка письмових робіт студентів. Перевірка якості виконання самостійних завдань.

або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову доброчесність. ПР18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії. ПР19. Використовувати свої знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички для вирішення задач та проблем відомої природи. ПР20. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії. ПР21. Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури. ПР25. Оцінювати та мінімізувати ризики для навколишнього середовища при здійсненні професійної діяльності	та моделювання хімічних процесів у промислових умовах; - застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань у виробництві конкретних речовин і матеріалів у хімічній галузі промисловості; - здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури у підготовці до занять про класичні та сучасні хімічні технології; - оцінювати та мінімізувати ризики для навколишнього середовища при здійсненні професійної діяльності у різних галузях промисловості, зокрема хімічній, фармацевтичній, харчовій тощо; - працювати самостійно або в групі, виявляючи професійну сумлінність та наукову доброчесність. <u>Лабораторні заняття</u> забезпечують: - вміння здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей для розробки хімічних технологій; - знання принципів і процедур фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади у виконанні експериментальних досліджень; - застосування знань, набутих практичних навичок і вмінь, а також сформованих компетентностей для досягнення бажаних результатів під час виконання досліджень із застосуванням хімічних, фізико-хімічних методів, освоєння методик дослідження і типового обладнання та приладів, а також планування та підготовки хімічних експериментів, які відтворюють промислові технологічні процеси в лабораторних умовах;	Здатність студентів/студенток до експериментальної діяльності оцінюється виконанням <u>лабораторної роботи</u>. Перевірка якості виконання експериментів, аналізу отриманих результатів і формулювання належних висновків. <u>Контрольна робота</u> (письмова) для здійснення поточного підсумкового контролю засвоєння знань і практичних навичок у виконанні промислово-технологічних розрахунків у межах тематичних розділів навчальної програми. <u>Залік</u> – у першому семестрі підсумковий контроль результатів опанування теоретичної та практичної складових програми. <u>Екзамен</u> – остаточний підсумковий контроль
--	---	--

	- аналіз умов здійснення експериментів і отриманих результатів, обговорення причиново-наслідкових зв'язків між умовами досліджень і їх результатами; - формулювання належних висновків, інтерпретуючи результати експериментів і демонструючи знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів і теорій з хімії; - працювати самостійно або в групі, виконуючи експеримент, отримати результати протягом обмеженого часу, виявляючи професійну сумлінність і наукову доброчесність <u>Екскурсії на підприємства</u>, на яких впроваджені хімічні технології виробництва конкретної продукції різного призначення, дають можливість студентам/студенткам: - ознайомитися з хіміко-технологічними процесами в реальних промислових умовах; - наочно закріпити теоретичні знання та практичні навички, набуті на лабораторно-практичних заняттях; - використовувати свої знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички для вирішення задач і проблем конкретних виробництв у хімічній галузі промисловості; - оцінювати і мінімізувати ризики для довкілля кожного підприємства, яке відвідали студенти/студентки. <u>Самостійна робота</u> має навчити студентів/студенток: - самостійно опановувати теоретичний матеріал та інтерпретувати результати експериментальних досліджень, працюючи з довідниками та іншими літературними й науковими джерелами; - писати реферат, інформаційні довідки та повідомлення про класичні	результату опанування теоретичної та практичної складових програми.
--	---	--

	та сучасні технології у хімічній промисловості, виявляючи фахове мислення, професійну сумлінність і наукову доброчесність; - готувати доповіді та презентації для обговорення переваг і недоліків сучасних хіміко-технологічних процесів, причиново-наслідкових зв'язків умов їх здійснення та досягнення мети – максимального виходу готового продукту; - підготуватися виконати творче завдання про створення енергоефективних та екологічно оптимальних виробництв і технологій життєзабезпечення людини, які виключають шкідливі викиди та спрямовані на збереження чистоти довкілля, а також виявлення та застосування знань і вмінь для розуміння основних проблем і пошуку їх розв'язання. <u>Консультації</u> (групові та особисті) проводяться за необхідності для додаткового розгляду питань, опанування яких викликає труднощі у студентів/студенток, а також у процесі підготовки до заліку та екзамену.	
--	--	--

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ за/п	Дата (опційно-нально)	Перелік тем	Загальна кількість годин	У тому числі		
				Лекції	Лабораторно- практичні заняття	Само- стійна робота
1.	1-3 тижні	Тема 1. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв. Класифікація хіміко-технологічних процесів. Промислово-технологічні розрахунки	10	6	4	8
2.	4 тиждень	Тема 2. Сировина та енергія в хімічній промисловості	4	2	2	6
3.	5-6 тижні	Тема 3. Вода у хімічній технології	8	2	6	12
4.	7 тиждень	Тема 4. Хімічна технологія та охорона навколишнього середовища.	2	2	0	6
5.	8-9 тижні	Тема 5. Основні фізико-хімічні закономірності здійснення хіміко-технологічних процесів	4	2	2	12
6.	10 тиждень	Тема 6. Виробництво сульфатної кислоти	4	2	2	6
7.	11-12 тижні	Тема 7. Виробництво водню, кисню, азоту, амоніаку та нітратної кислоти	10	4	6	6
		Разом	42	20	22	56
8.	1-2 тижні	Тема 8. Технології виробництва солей	8	4	6	16
9.	3-4 тижні	Тема 9. Електрохімічні та електротермічні виробництва	8	4	2	18
10.	5-6 тижні	Тема 10. Основи металургії. Чорна металургія. Виробництво кольорових металів	8	4	4	18
11.	7 тиждень	Тема 11. Переробка твердого палива, нафти і газів	6	4	2	16
12.	8-10 тижні	Тема 12. Технології виробництва органічних речовин	8	4	4	20
	11 тиждень	Тема 13. Сучасні технології виробництва фармацевтичних засобів	4	2	2	12
		Разом	42	22	20	100
			<i>Форма підсумкового контролю: залік та екзамен</i>			
		Разом	84	42	42	156

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

(Осінній семестр)

Тема 1. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв. Класифікація хіміко-технологічних процесів

Лекція 1. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв. (2 год.)

Лекція 2. Критерії класифікації технологічних процесів. Технологічні схеми. Основні завдання та етапи науково-дослідницької, дослідно-промислової та проєктної роботи в хімічній технології. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 1. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв. (2 год.)

Лекція 3. Промислово-технологічні розрахунки. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 2. Класифікація технологічних процесів і технологічних схем. Промислово-технологічні розрахунки. (2 год.)

Тема 2. Сировина та енергія в хімічній промисловості

Лекція 4. Сировина та енергія у хімічній промисловості. Мінеральна сировина, її класифікація, добування та підготовка до переробки. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 3. Підготовка сировини у виробничому процесі. Класичні та сучасні технології виробництва енергії для промисловості. (2 год.)

Тема 3. Вода у хімічній технології

Лекція 5. Вода у хімічній технології. Методи очищення природних вод як сировини для застосування у хімічній та інших галузях промисловості. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 4-5. Водопідготовка у технологічному процесі. Жорсткість води. Лабораторна робота «Технічний аналіз води». (4 год.)

Лабораторно-практичне заняття 6. Лабораторна робота «Очищення води методом йонного обміну». (2 год.)

Тема 4. Хімічна технологія та охорона навколишнього середовища

Лекція 6. Хімічна технологія та охорона навколишнього середовища. (2 год.)

Тема 5. Основні фізико-хімічні закономірності здійснення хіміко-технологічних процесів

Лекція 7. Основні фізико-хімічні закономірності здійснення хіміко-технологічних процесів. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 7. Контрольна робота за темами 1-5. (2 год.)

Тема 6. Виробництво сульфатної кислоти

Лекція 8. Виробництво сульфатної кислоти. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 8. Сировинна база та методи виробництва сульфатної кислоти. Сорти сульфатної кислоти. (2 год.)

Тема 7. Виробництво водню, кисню, азоту, амоніаку та нітратної кислоти

Лекція 9. Виробництво водню, кисню та азоту. (2 год.)

Лекція 10. Методи виробництва амоніаку та нітратної кислоти. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 9. Виробництво азоту, водню та кисню.

Лабораторно-практичне заняття 10. Методи виробництва амоніаку та нітратної кислоти. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 11. Обговорення рефератів. (2 год.)

Тема 8. Технології виробництва солей

Лекція 11. Застосування солей у промисловості. Технології виробництва содових продуктів і їх особливості. (2 год.)

(Весняний семестр)

Тема 8. Технології виробництва солей

Лекція 12. Застосування солей у сільському господарстві. Класифікація добрив і технології їх виробництва. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 12. Особливості технологічних процесів виробництва содових продуктів і мінеральних добрив. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 13-14. Лабораторна робота «Одержання та аналіз мінерального добрива амоній сульфату». (4 год.)

Тема 9. Електрохімічні та електротермічні виробництва

Лекція 13. Електрохімічні виробництва. Основні закони електрохімії. (2 год.)

Лекція 14. Електротермічні виробництва та їхні технологічні особливості. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 15. Електрохімічні та електротермічні виробництва. (2 год.)

Тема 10. Основи металургії. Чорна металургія. Виробництво кольорових металів.

Лекція 15. Основи металургії. Чорна металургія: виробництво чавуну і сталі. (2 год.)

Лекція 16. Виробництво кольорових металів. Порошкова металургія. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 16. Фізико-хімічні основи металургії. Технологічні процеси та промислове обладнання у виробництві чавуну і сталі. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 17. Класифікація рідкісних металів і значення їх виробництва у промисловості. Виробництво алюмінію, цинку, свинцю, титану, молібдену, германію, вольфраму, ванадію, ніобію, танталу, цирконію та гафнію, урану та плутонію. Виробництво платини, золота і срібла. (2 год.)

Тема 11. Переробка твердого палива, нафти і газів

Лекція 17. Переробка твердого палива. (2 год.)

Лекція 18. Переробка нафти і газів. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 18. Переробка твердого палива, нафти і газів. Сучасні технології та обладнання у виробництві біопалива. Контрольна робота. (2 год.)

Тема 12. Технології виробництва органічних речовин

Лекція 19. Виробництво хімічних волокон: штучних і синтетичних полімерних, а також мінеральних. (2 год.)

Лекція 20. Виробництво полімерних матеріалів: синтетичних смол і полімерних матеріалів-напівфабрикатів. Виробництво термопластів і термореактивних пластмас. Композитні полімерні матеріали. Наповнювачі та їх застосування. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 19. Технології важкого (або основного) органічного синтезу. Синтез на основі оксиду карбону (виробництво метанолу та формальдегіду). Процеси окиснення в органічному синтезі (виробництво фенолу та формальдегіду). Гідратація органічних сполук (виробництво етанолу). Нітрування та амінування в органічному синтезі (виробництво аніліну та нітробензену). Галогенування органічних сполук (виробництво дихлоретану, вінілхлориду та хлорбензену). Виробництво ацетилену та синтези на його основі (виробництво ацетальдегіду, ацетону, оцтової кислоти і її естерів). Сучасне обладнання в органічному синтезі. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 20. Технології виробництва та переробки полімерних матеріалів, пластмас і композитів. (2 год.)

Тема 13. Сучасні технології виробництва фармацевтичних засобів

Лекція 21. Сучасні технології виробництва фармацевтичних засобів. (2 год.)

Лабораторно-практичне заняття 21. Технології виробництва фармацевтичних засобів різних лікарських форм. (2 год.)

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЇ

Технологія – це науково обґрунтовані та впроваджені у виробництво способи та процеси, а також засоби переробки сировини на кінцеві продукти.

Хімічна технологія – наука про найбільш економічно, екологічно та соціально обґрунтовані методи переробки сировини внаслідок хімічних перетворень на продукти – предмети безпосереднього споживання людьми, чи сировину для інших виробництв і засоби виробництва.

Хіміко-технологічний процес – це складна система взаємозв'язаних між собою хімічних, фізико-хімічних і фізичних явищ, одиничних процесів (операцій), яка взаємодіє з навколишнім середовищем.

Виробничий процес – це сукупність усіх дій, пов'язаних із прогнозуванням, науково-технічними та конструкторськими розробками і проектуванням, транспортуванням і зберіганням сировини, енерго- та водозабезпеченням, виготовленням проміжної та готової продукції, її випробуванням, пакуванням, обліком і зберіганням, очищенням викидів та утилізацією відходів, ремонтом обладнання тощо.

Технологічний процес – основна складова частина виробничого процесу – це послідовне практичне виконання усіх операцій виробництва продукту з початкової сировини.

Технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, яку виконують над одним або кількома об'єктами одночасно на одному конкретному обладнанні.

Хіміко-технологічна схема – сукупність усіх апаратів і обладнання, об'єднаного технологічними потоками в цілісну систему, в якому здійснюють технологічний процес і виробляють хімічний продукт.

Технологічна схема виробництва конкретної продукції – це послідовний опис усіх операцій процесу виробництва цієї продукції, що відбуваються у відповідних апаратах і машинах.

Сировина – один з найважливіших елементів хімічного технологічного процесу – речовини та матеріали, які переробляють на готовий продукт з якісно іншими властивостями.

Технологічний режим – сукупність основних факторів (параметрів, чинників), які впливають на швидкість процесу, а також на вихід і якість продукту.

Каталізатор – речовина, що бере участь у процесах, змінює швидкість хімічних реакцій або збуджує їх, залишаючись після закінчення реакцій хімічно незмінною.

Інгібітор – речовина, що сповільнює швидкість реакції (антикаталізатор).

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ. ПЛАНИ ЗАНЯТЬ

Мета й методичні особливості лекційних занять

Метою лекційних занять є ознайомлення студентів/студенток з теоретичним матеріалом з конкретних тем для належного розуміння, обговорення та обґрунтованого аналізу причиново-наслідкових зв'язків у здійсненні хіміко-технологічних процесів у виробництві для розширення світогляду, розвитку у студентів/студенток здатності до критичного мислення та формування фахових компетентностей.

Лекція 1. Тема. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв. Класифікація хіміко-технологічних процесів

План:

1. Класифікація хімічних виробництв у хімічній галузі промисловості.
2. Основні (типові) процеси хімічної технології.
3. Критерії класифікації хіміко-технологічних процесів.
4. Основні етапи і стадії технологічних процесів.

Лекція 2. Тема. Критерії класифікації технологічних процесів. Технологічні схеми. Основні завдання та етапи науково-дослідницької, дослідно-промислової та проєктної роботи в хімічній технології.

План:

1. Поняття і суть технологічного процесу.
2. Поняття і суть технологічної схеми процесу.
3. Типи технологічних схем виробництва.
4. Основні завдання та етапи науково-дослідницької, дослідно-промислової та проєктної роботи в хімічній технології.
5. Підготовка необхідної технічної документації для впровадження технологій у виробництво.

Лекція 3. Тема. Промислово-технологічні розрахунки.

План:

1. Технологічні критерії ефективності технологічного процесу.
2. Промислово-технологічні розрахунки для здійснення технологічного процесу.

Лекція 4. Тема. Сировина та енергія в хімічній промисловості. Мінеральна сировина, її класифікація, добування та підготовка до переробки.

План:

1. Класифікація сировини в хімічній промисловості.
2. Вторинні матеріальні ресурси.
3. Видобування та попередня підготовка сировини.
4. Суть процесу збагачення сировини.
5. Методи збагачення сировини та відповідне обладнання.
6. Вода та повітря як сировина для хімічної промисловості.
7. Значення палива та енергії у здійсненні технологічних процесів.
8. Основні види енергетичних ресурсів, перспективи їх використання.
9. Вторинні енергетичні ресурси для економії палива та енергії.
10. Альтернативні способи виробництва енергії.

Лекція 5. Тема. Вода у хімічній технології. Методи очищення природних вод як сировини для застосування у хімічній та інших галузях промисловості.

План:

1. Класифікація природних вод.
2. Показники якості води.
3. Функції води у хімічній технології.
4. Вимоги до води, яку використовують у промисловості як теплоносії.
5. Призначення і зміст основних операцій водопідготовки.
6. Хімічні методи пом'якшення води.
7. Суть методу визначення окиснюваності води.
8. Фізико-хімічні методи очищення природних вод і необхідне промислове обладнання.
9. Сорбційні методи очищення природних вод. Метод йонного обміну.
10. Застосування мембранних методів у процесі водопідготовки та для очищення стічних вод.

Лекція 6. Тема. Хімічна технологія та охорона навколишнього середовища.

План:

1. Причини забруднення біосфери.
2. Ознаки класифікації промислових забруднень біосфери.
3. Основні методи очистки промислових стоків і їх апаратурне оформлення.
4. Основні методи очистки промислових викидів і їх апаратурне оформлення.
5. Основні методи переробки промислових відходів і їх апаратурне оформлення.
6. Основні методи знешкодження промислових відходів і їх апаратурне оформлення.
7. Значення хімічної технології у захисті біосфери.
8. Перспективи безвідходних технологій у хімічній промисловості.

Лекція 7. Тема. Основні фізико-хімічні закономірності здійснення хіміко-технологічних процесів.

План:

1. Технологічний режим і його параметри.
2. Основні термодинамічні параметри перебігу хіміко-технологічного процесу. Технологічний процес та умови досягнення стану хімічної рівноваги.
3. Якісне та кількісне визначення стану хімічної рівноваги у технологічних процесах.
4. Суть поняття «вихід продукту».
5. Швидкість хіміко-технологічних процесів і константа швидкості.
6. Кінетичні особливості гомогенних і гетерогенних хімічних процесів.
7. Зміст понять «кінетична зона» та «дифузійна зона» у гетерогенних процесах.
8. Вплив технологічних параметрів на швидкість технологічних процесів.
9. Каталіз і типи каталітичних процесів. Механізм дії каталізаторів.
10. Промислові каталізатори, особливості їх функціонального призначення у технологічних процесах.
11. Основні властивості і технологічні характеристики каталізаторів.

Лекція 8. Тема. Виробництво сульфатної кислоти.

План:

1. Сировинні ресурси для виробництва сульфатної кислоти.
2. Виробництво сірчастого газу.
3. Контактний спосіб виробництва сульфатної кислоти з колчедану.
4. Нітрозний спосіб виробництва сульфатної кислоти. Особливості хімічних перетворень у технологічному процесі.
5. Виробництво сульфатної кислоти із сірки та сірководню.
6. Способи концентрування сульфатної кислоти.

Лекція 9. Тема. Виробництво водню, кисню та азоту.

План:

1. Промислове виробництво водню методами конверсії.
2. Підготовка сировини та очистка природного газу від домішок у виробництві водню.
3. Каталізатори у виробництві водню методом конверсії CH_4 та CO ?
4. Виробництво водню методом фракційної конденсації.
5. Виробництво азоту і кисню розділенням рідкого повітря.

Лекція 10. Тема. Методи виробництва амоніаку та нітратної кислоти.

План:

1. Вплив фізико-хімічних особливостей взаємодії азоту і водню у процесі синтезу амоніаку на вибір технологічного режиму процесу.
2. Механізм гетерогенно-каталітичного процесу синтезу амоніаку.
3. Промислові каталізатори та їх особливості у виробництві амоніаку?
4. Вимоги до сировини для виробництва нітратної кислоти.
5. Особливості технологічного режиму окиснення амоніаку для оптимального виходу оксиду нітрогену.
6. Технологічна схема отримання розведеної нітратної кислоти.
7. Методи виробництва концентрованої нітратної кислоти.
8. Побічні продукти виробництва нітратної кислоти і їх застосування.
9. Хімічні та фізико-хімічні методи для охорона довкілля у виробництві амоніаку та нітратної кислоти.

Лекція 11. Тема. Застосування солей у промисловості. Технології виробництва содових продуктів і їх особливості.

План:

1. Основні методи у технологіях виробництва солей.
2. Содові продукти, їхні властивості, призначення та застосування.
3. Фізико-хімічні основи методів виробництва содових продуктів.
4. Основні технологічні параметри та технологічні особливості, характерні для промислових способів виготовлення содових продуктів.
5. Кальцинована сода та способи її виробництва.
6. Виробництво харчової соди – гідрогенкарбонату натрію.
7. Методи виробництва каустичної соди.

Лекція 12. Тема. Застосування солей у сільському господарстві. Класифікація добрив і технології їх виробництва.

План:

1. Класифікація мінеральних добрив.
2. Агрохімічні властивості добрив і особливості їх застосування.
3. Основні методи переробки сировини для виробництва мінеральних добрив.
4. Технологічні режими виробництва простого і подвійного суперфосфатів.
5. Методи отримання комплексних добрив.
6. Технологічний процес виробництва амоніачної селітри.

7. Методи виробництва амоній сульфату.
8. Особливості технологічного процесу виробництва карбаміду.
9. Основні джерела забруднення довкілля у виробництві мінеральних добрив.
10. Основні способи виробництва калійних добрив.

Лекція 13. Тема. Електрохімічні виробництва. Основні закони електрохімії.

План:

1. Електрохімічні виробництва.
2. Основні закони електрохімії.
3. Основні закономірності і технологічні параметри електрохімічних процесів.
4. Особливості обладнання для електрохімічних процесів.
5. Електролітичне виробництво кисню та водню.
6. Електролітичні способи отримання хлору.
7. Виробництво хлоридної кислоти й інших хлоровмісних продуктів.
8. Електролітичне виробництво каустичної соди.
9. Електролітичне виробництво металів.

Лекція 14. Тема. Електротермічні виробництва та їх технологічні особливості.

План:

1. Основні закономірності і технологічні параметри електротермічних процесів.
2. Особливості обладнання для електротермічних процесів.
3. Особливості і переваги електротермічного способу виробництва фосфору та фосфатної кислоти.
4. Електротермічні способи виробництва карбіду та ціанаміду кальцію.
5. Електротермічне виробництво карбідів, боридів та інших надтвердих матеріалів.
6. Спільні ознаки та відмінності перебігу електрохімічних та електротермічних технологічних процесів.

Лекція 15. Тема. Основи металургії. Чорна металургія: виробництво чавуну і сталі.

План:

1. Фізико-хімічні основи металургії. Чорна та кольорова металургії.
2. Сировина та її особливості, підготовка та переробка її відповідно до вимог металургійних процесів.
3. Виробництво чавуну та особливості доменного процесу виробництва.
4. Виробництво сталі конверторним способом і його технологічні переваги.

5. Мартенівський спосіб виробництва сталі та його особливості.
6. Електротермічні методи виробництва сталі.
7. Властивості сталі, переробка і термічна обробка сталі.

Лекція 16. Тема. Кольорова металургія: виробництво кольорових металів. Порошкова металургія.

План:

1. Особливості технологічних процесів кольорової металургії.
2. Виробництво міді та його особливості.
3. Виробництво тугоплавких металів методом порошкової металургії.

Лекція 17. Тема. Переробка твердого палива.

План:

1. Види палива та способи його переробки.
2. Піролізний та гідролізний способи переробки деревини.
3. Вуглевипалення та суха перегонка деревини.

Лекція 18. Тема. Переробка нафти і газів.

План:

1. Класифікація нафти за хімічним складом.
2. Атмосферно-вакуумна перегонка нафти, термічний і каталітичний крекінг.
3. Коксування кам'яного вугілля, переробка коксового газу та кам'яновугільної смоли.
4. Гідрогенізація твердого та важкого рідкого палива, очистка нафтопродуктів.
5. Газифікація твердого палива. Підземна газифікація кам'яного вугілля.
6. Виробництво генераторного, водяного та побутового газів.

Лекція 19. Тема. Виробництво хімічних волокон: штучних і синтетичних полімерних, а також мінеральних.

План:

1. Класифікація хімічних волокон.
2. Основні вимоги до полімерів, з яких виробляють волокна.
3. Методи і способи формування полімерних волокон.
4. Виробництво штучного віскозного волокна.
5. Виробництво синтетичних поліакрилонітрилових (ПАН) волокон.
6. Виробництво вуглецевих волокон.
7. Виробництво природного мінерального волокна – азбесту.
8. Виробництво штучних мінеральних базальтових і скляних волокон.

Лекція 20. Тема. Виробництво полімерних матеріалів: синтетичних смол і полімерних матеріалів-напівфабрикатів. Виробництво термопластів і термореактивних пластмас. Композитні полімерні матеріали. Наповнювачі та їх застосування.

План:

1. Методи виробництва полімерних матеріалів.
2. Виробництво полімерних матеріалів для термопластів.
3. Виробництво синтетичних смол для реактопластів.
4. Полімерні композитні матеріали, особливості структури та їхні властивості.
5. Методи виробництва полімерних композитів і особливості обладнання для їх формування.
6. Наповнювачі та їх застосування у виробництві композитних полімерних матеріалів.

Лекція 21. Тема. Сучасні технології виробництва фармацевтичних засобів.

План:

1. Класифікація лікарських форм.
2. Технологія виробництва твердих лікарських форм
3. Технологія виробництва рідких лікарських форм.
4. Технологія виробництва м'яких лікарських форм.
5. Технологія виробництва стерильних і асептичних лікарських форм.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ, ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗАСВОЄНОГО МАТЕРІАЛУ

Мета й методичні особливості проведення лабораторно-практичних і лабораторних занять

Лабораторно-практичні та лабораторні заняття з курсу «Загальна хімічна технологія» необхідні для поглибленого засвоєння основних понять і термінів з дисципліни, вивчення загальних закономірностей перебігу хіміко-технологічних процесів, раціонального використання природної сировини, матеріалів та енергоресурсів, класифікації основних технологічних процесів у конкретних виробництвах хімічної промисловості, освоєння методів і засобів охорони навколишнього середовища, а також набуття практичних навичок під час виконання експериментальних досліджень, які застосовують у технологічних процесах, або відтворюють виробничі процеси в лабораторних мовах.

У процесі лабораторно-практичних занять внаслідок усного та письмового опитування з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату й основних положень і закономірностей у хімічній технології, вміння розкривати зміст кожної з конкретних тем, аналізувати й узагальнювати ключові питання за кожною темою, описувати конкретні промислові хіміко-технологічні процеси, виконувати промислово-технологічні розрахунки для здійснення технологічного процесу та розв'язувати розрахункові задачі.

Важливим завданням лабораторних занять є навчити студентів/студенток застосовувати теоретичні знання із загальної хімічної технології в процесі виконання конкретних лабораторних робіт і експериментальних досліджень, для аргументованого аналізу спостережень і критичної оцінки отриманих результатів експерименту, формулювання обґрунтованих висновків і складення письмового звіту, що буде необхідним для розв'язання важливих наукових проблем і відпрацювання можливих рішень у майбутній професійній діяльності.

ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Види роботи під час лабораторно-практичних занять:

1. Розгляд і обговорення теоретичного матеріалу згідно з переліком контрольних питань за відповідними темами лекційних занять, а також переліком питань для самостійного опрацювання.

2. Виконання лабораторних експериментальних робіт, аналіз отриманих результатів і формулювання належних обґрунтованих висновків.

3. Виконання промислово-технологічних розрахунків для здійснення технологічного процесу.

4. Розв'язування задач обчислювального характеру.

5. Проведення семінарів з публічними доповідями за рекомендованою тематикою та виступами з рефератами, які студенти/студентки повинні підготувати самостійно за вибраною темою із запропонованого переліку.

6. Екскурсії на підприємства хімічної промисловості з метою ознайомлення з реальними хіміко-технологічними процесами та необхідним обладнанням для їх здійснення.

7. Написання звітів про екскурсію з описом технологічної схеми і технологічного процесу виробництва, а також хімічних перетворень у технології.

8. Перевірка практичних завдань, які студенти/студентки виконали під час індивідуальної роботи.

9. Виконання контрольних робіт за індивідуальними завданнями.

10. Консультації з дисципліни.

Лабораторно-практичне заняття 1. Предмет і завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв.

Контрольні питання:

1. Які основні завдання хімічної технології?
2. Як класифікують хімічних виробництв у хімічній промисловості?
3. Яким є порядок виконання досліджень і впровадження розроблених технологій у промисловість?
4. За якими критеріями класифікують хіміко-технологічні процеси?
5. Які є основні одиничні процеси хімічної технології?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Як і за якими критеріями класифікують хіміко-технологічні процеси? Навести конкретні приклади промислових хімічних виробництв.

Лабораторно-практичне заняття 2. Класифікація технологічних процесів і технологічних схем. Промислово-технологічні розрахунки.

Контрольні питання:

1. Що таке технологічний процес? Як і за якими критеріями класифікують технологічні процеси?
2. Який зміст поняття і суть технологічного процесу?
3. З яких основних стадій складається технологічний процес?
4. Які ви знаєте технологічні критерії ефективності технологічного процесу?

5. Який зміст поняття «технологічна схема процесу»? Охарактеризувати типи технологічних схем виробництва.

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Як і за якими технологічними критеріями визначають ефективність технологічного процесу?
2. Розрахувати матеріальні баланси конкретних технологічних процесів.

Лабораторно-практичне заняття 3. Підготовка сировини у виробничому процесі. Класичні та сучасні технології виробництва енергії для промисловості. (Екскурсія на підприємство.)

Контрольні питання:

1. За якими ознаками класифікують сировину в хімічній промисловості?
2. Які є способи видобування та попередньої підготовки сировини?
3. Які вторинні матеріальні ресурси використовують у промисловості?
4. У чому полягає суть процесу збагачення сировини? Навіщо збагачують сировину?
5. Які основні методи збагачення сировини використовують на підприємствах і яке відповідне обладнання?
6. Які функції води в хімічній промисловості?
7. Які функції повітря в хімічній промисловості?
8. Які функції та призначення палива у здійсненні технологічних процесів?
9. Які функції та призначення енергії у здійсненні технологічних процесів?
10. Які основні види енергетичних ресурсів використовують у промисловості?
11. Які сучасні перспективи їх використання?
12. Які вторинні енергетичні ресурси використовують для економії палива та енергії?
13. Які перспективи використання біопалива в промисловості?
14. Які альтернативні способи виробництва енергії застосовують у промислових виробництвах?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Як класифікувати хімічне виробництво та хімічний процес за встановленими критеріями?
2. Описати технологічну схему виробництва і промислово-технологічне обладнання.
3. На конкретному прикладі промислового виробництва охарактеризувати сировину та процеси її підготовки до застосування у технологічному процесі.

Лабораторно-практичне заняття 4-5. Водопідготовка у технологічному процесі. Жорсткість води. Лабораторна робота «Технічний аналіз води».

Контрольні питання:

1. За якими ознаками класифікують природні води?
2. Чим відрізняється склад домішок в атмосферній та ґрунтових водах?
3. За якими показниками визначають якість води?
4. Для яких цілей в хімічній технології використовується вода?
5. Якими є вимоги до води, яку використовують у промисловості як теплоносії?
6. Які основні операції і їх зміст у процесі водопідготовки?
7. Які хімічні методи пом'якшення води використовують у промислових умовах?
8. У чому полягає суть методу визначення окиснюваності води?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. З якою метою використовують водооборотні цикли в промисловості.

Лабораторно-практичне заняття 6. Лабораторна робота «Очищення води методом йонного обміну».

Контрольні питання:

1. Які сорбційні методи очищення природних вод використовують на сучасних підприємствах?
2. Які сорбційні методи очищення стічних вод використовують на сучасних підприємствах?
3. У чому полягають особливості будови неорганічних йонітів?
4. У чому полягають особливості будови органічних йонітів?
5. Які відомі способи отримання синтетичних йонообмінних смол?
6. На які групи поділяють йоніти за природою матриці, зовнішнім виглядом, ступенем дисперсності, пористості і за типом і знаком протиіонів?
7. Які активні групи наявні в аніонітах?
8. Яка різниця між аніонітами та катіонітами?
9. Які активні групи наявні в катіонітах?
10. Які функції виконують фіксований йон і протиіон у процесі йонного обміну?
11. У чому полягає суть характеристики – обмінна ємність йонітів?
12. Які фактори і як впливають на обмінну ємність?
13. Як залежить обмінна ємність йонітів різних типів від рН середовища?
14. Яка різниця між статичними та динамічними умовами йонного обміну?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Як класифікують стічні води залежно від промислового виробництва?
2. Які є хімічні методи очищення стічних вод, і яке для них необхідне промислове обладнання?

3. Які є фізико-хімічні методи очищення стічних вод, і яке для них необхідне промислове обладнання?
4. Які на сьогодні основні напрямки науково-технічного прогресу в галузі охорони водних ресурсів?
5. Які йонообмінні процеси поширені у природі?
6. У яких технологічних процесах хімічної промисловості, крім очищення води, застосовують йоніти?

Лабораторно-практичне заняття 7. Основні фізико-хімічні закономірності перебігу хіміко-технологічних процесів. Контрольна робота за темами 1-5.

Контрольні питання:

1. У чому полягає суть технологічного режиму процесу?
2. Які технологічні параметри застосовують у виробничих процесах?
3. За яких умов у технологічному процесі досягають стану хімічної рівноваги?
4. Як якісно та кількісно визначають стан рівноваги технологічних процесів?
5. У чому полягає суть поняття «вихід продукту»?
6. Як визначають швидкість хіміко-технологічних процесів?
7. У чому суть кінетичних особливостей гомогенних і гетерогенних хімічних процесів?
8. Чим відрізняються визначення швидкості гомогенної та гетерогенної хімічних реакцій?
9. Які основні термодинамічні параметри перебігу хіміко-технологічного процесу?
10. Який зміст понять «кінетична зона» та «дифузійна зона» гетерогенного процесу?
11. Які технологічні параметри та як впливають на швидкість технологічних процесів?
12. Яким є механізм дії каталізаторів? Які речовини називаються каталізаторами?
13. Які функції промислових твердих каталізаторів у технологічних процесах?
14. Які основні властивості і технологічні характеристики каталізаторів?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Чи може каталізатор змістити рівновагу хімічної реакції?
2. Що відомо про рідкі каталізатори?
3. Які сучасні наноматеріали можна використовувати як каталізатори і в яких технологічних процесах?

Лабораторно-практичне заняття 8. Сировинна база та методи виробництва сульфатної кислоти. Сорти сульфатної кислоти.

Контрольні питання:

1. Які сировинні ресурси для виробництва сульфатної кислоти є в Україні?
2. Які особливості виробництва сірчистого газу?

3. Які переваги та недоліки сучасного обладнання у виробництві сірчистого газу?
4. Чому один із способів виробництва сульфатної кислоти називають контактним?
5. Які особливості хімічних перетворень у виробництві сульфатної кислоти нітрозним способом?
6. Які переваги виробництва сульфатної кислоти з сірки?
7. Які особливості виробництва сульфатної кислоти з сірководню?
8. Які способи концентрування сульфатної кислоти використовують у промисловості?
9. Як вирішують екологічні проблеми у виробництві сульфатної кислоти?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які хімічні способи вирішення екологічних проблем у виробництві сульфатної кислоти?
2. Які технологічні способи вирішення екологічних проблем у виробництві сульфатної кислоти?
3. Які переваги виробництва сульфатної кислоти методом ПКПА?

Лабораторно-практичне заняття 9. Виробництво азоту, водню та кисню.

Контрольні питання:

1. Для чого необхідна очистка природного газу від сірчистих сполук?
2. Які каталізатори застосовують на стадіях конверсії CH_4 та CO ?
3. Які домішки в газі викликають отруєння каталізаторів?
4. Які промислові методи виробництва водню?
5. У чому полягає суть методу фракційної конденсації у виробництві водню?
6. Які властивості азоту і кисню використовують у виробництві їх розділенням рідкого повітря?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які екологічні проблеми виникають у виробництві азоту, водню та кисню, і в який спосіб їх вирішують?

Лабораторно-практичне заняття 10. Методи виробництва амоніаку та нітратної кислоти.

Контрольні питання:

1. Які фізико-хімічні особливості реакції синтезу амоніаку з азоту і водню, що впливають на вибір технологічного режиму процесу?
2. Який механізм гетерогенно-каталітичного процесу синтезу амоніаку?
3. Які каталізатори застосовують для синтезу амоніаку?
4. Що є сировиною для виробництва нітратної кислоти і яким вимогам вона повинна відповідати?

5. Які особливості хімічної схеми отримання розведеної нітратної кислоти?
6. Які технологічні параметри забезпечують оптимальний вихід оксиду азоту на стадії контактного окиснення аміаку?
7. Які каталізатори використовують для окиснення аміаку та за яких умов?
8. Які особливості процесу на стадії абсорбції нітрозних газів у виробництві розведеної нітратної кислоти?
9. Які є методи виробництва концентрованої нітратної кислоти?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які побічні продукти одержують у виробництва нітратної кислоти?
2. Які засоби та способи охорони довкілля застосовують у виробництві амоніаку та нітратної кислоти?.
3. Яких основних правил техніки безпеки необхідно дотримуватися на виробництвах кислот у промислових умовах?

Лабораторно-практичне заняття 11. Обговорення рефератів.

Лабораторно-практичне заняття 12. Особливості технологічних процесів виробництва содових продуктів і мінеральних добрив.

Контрольні питання:

1. Які основні технології виробництва неорганічних солей застосовують у промисловості?
 2. Як класифікують мінеральні добрива за складом і призначенням?
 3. Які методи переробки фосфатної сировини застосовують для отримання фосфорних добрив?
 4. У чому полягають технологічні особливості виробництва простого та подвійного суперфосфату?
 5. Обґрунтувати технологічний режим виробництва амоніачної селітри.
 6. Який хімічний зміст стадій технологічного процесу виробництва карбаміду?
 7. Особливості виробництва фосфатної кислоти екстракційним методом.
 8. Які основні джерела забруднення довкілля та способи вирішення екологічних проблем у виробництві мінеральних добрив?
 9. Властивості і призначення содових продуктів у хімічній галузі промисловості.
 10. У чому полягає суть амоніачного способу виробництва кальцинованої соди?
 11. Які технологічні процеси застосовують у виробництві харчової соди?
 12. Особливості хімічних способів виробництва каустичної соди.
- технологічні стадії виробництва кальцинованої та харчової соди?

Лабораторно-практичне заняття 13-14. Лабораторна робота «Одержання та аналіз мінерального добрива амоній сульфату».

Контрольні питання:

1. Які основні методи переробки сировини для виробництва мінеральних добрив?
2. Обґрунтуйте вибір технологічного режиму отримання простого і подвійного суперфосфатів з точки зору фізико-хімічних основ процесів.
3. Які методи використовують у виробництві комплексних добрив?
4. Які особливості технологічного процесу виробництва амоній сульфату?
5. Які поширені методи виробництва азотних добрив?
6. Які основні способи виробництва калійних добрив?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які промислово-технологічні розрахунки використовують для здійснення технологічно процесу виробництва добрив?
2. Скласти матеріальний баланс виробництва конкретного мінерального добрива.

Лабораторно-практичне заняття 15. Електрохімічні та електротермічні виробництва. (Виступи з самостійно підготованими доповідями за рекомендованими темами).

Контрольні питання:

1. У чому полягає різниця між електрохімічними та електротермічними виробництвами?
2. На яких основних законах ґрунтуються електрохімічні процеси у виробництві?
3. Які основні закономірності і технологічні параметри електрохімічних процесів?
4. Яке технологічне обладнання необхідне для реалізації електрохімічних процесів?
5. Як виробляють кисень і водень методом електролізу?
6. Які особливості електролітичного способу виробництва хлору для використання його у виробництві хлоридної кислоти?
7. Які технологічні особливості електролітичного виробництва каустичної соди?
8. Які метали виробляють електролітичним методом?
9. Які основні закономірності і технологічні параметри електротермічних процесів?
10. Яке технологічне обладнання необхідне для реалізації електротермічних процесів?
11. Які технологічні особливості виробництва фосфору електротермічним методом?

12. Які особливості і переваги електротермічного технологічного процесу виробництва фосфатної кислоти?
13. Які особливості електротермічних способів виробництва карбіду та ціанаміду кальцію?
14. Яке обладнання використовують у електротермічних виробництвах?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які особливості електротермічного виробництва карбідів, боридів та інших надтвердих матеріалів?
2. Які спільні ознаки та відмінності перебігу електрохімічних та електротермічних технологічних процесів?

Лабораторно-практичне заняття 16. Фізико-хімічні основи металургії. Технологічні процеси та промислове обладнання у виробництві чавуну і сталі.

Контрольні питання:

1. Які фізико-хімічні основи металургічних процесів?
2. У чому полягає різниця між чорною та кольоровою металургією?
3. Які особливості підготовки та переробки сировини відповідно до вимог металургічних процесів?
4. Які особливості доменного процесу виробництва чавуну?
5. У чому полягає суть мартенівського способу виробництва сталі?
6. Які особливості виробництва сталі конверторним способом і його технологічні переваги?
7. Які переваги виробництва сталі електротермічним методом?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які властивості набуває сталь внаслідок термічної обробки?
2. Як виготовляють і переробляють сталь різних сортів?

Лабораторно-практичне заняття 17. Класифікація рідкісних металів і значення їх виробництва у промисловості. Виробництво алюмінію, цинку, свинцю, титану, молібдену, германію, вольфраму, ванадію, ніобію, танталу, цирконію та гафнію, урану та плутонію. Виробництво платини, золота і срібла. (*Виступи з самостійно підготованими доповідями за рекомендованими темами*).

Контрольні питання:

1. Які фізико-хімічні основи кольорової металургії?
2. Які особливості підготовки та переробки сировини відповідно до вимог процесів у виробництвах кольорової металургії?

3. Які основні методи виробництва металів використовують у кольоровій металургії?
3. Які особливості технологічного процесу та обладнання у виробництві міді?
4. Які технологічні відмінності чорної та кольорової металургії?
5. Як класифікують рідкісні метали за властивостями? Які методи виробництва рідкісноземельних металів використовують у промисловості?

Завдання для самостійного поглибленого вивчення:

13. Технології виробництва алюмінію.
14. Технології виробництва титану і ванадію.
15. Технології виробництва молібдену та вольфраму.
16. Технології виробництва ніобію і танталу.
17. Технології виробництва цирконію та гафнію.
18. Технології виробництва цинку та свинцю.
19. Технології виробництва платини, золота і срібла.

Лабораторно-практичне заняття 18. Переробка твердого палива, нафти і газів. Сучасні технології та обладнання у виробництві біопалива. Контрольна робота.

Контрольні питання:

1. Які види палива використовують у хімічній промисловості?
2. Які основні методи переробки деревини?
3. У чому полягає суть технологічного процесу коксування кам'яного вугілля?
4. Які продукти виробляють внаслідок переробки коксового газу та кам'яновугільної смоли?
5. Який склад і властивості нафти?
6. Значення нафти як сировини у хімічній промисловості?
7. Які важливі нафтопродукти отримують на нафтопереробних заводах?
8. Як відбувається підготовка нафти до первинної переробки? Яке значення окремих стадій підготовки?
9. У чому полягає різниця між фізичними та хімічними методами переробки нафти і нафтопродуктів?
10. Які є термічні процеси переробки нафти?
11. У чому полягає механізм термічних процесів переробки нафти? Якими хімічними перетвореннями супроводжується термічний крекінг?
12. У чому полягає різниця термічного та каталітичного крекінгу нафтопродуктів?
13. Які основні переваги каталітичного крекінгу?

14. Які властивості та особливості повинні мати каталізатори у процесі каталітичного крекінгу?
15. Як здійснюють регенерацію каталізаторів у процесі каталітичного крекінгу?

Питання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Які особливості піролізного та гідролізного способів переробки деревини?
2. Яка різниця процесів вуглевипалення та сухої перегонки деревини?
3. У чому полягає суть методів атмосферно-вакуумної перегонки нафти?
4. Які особливості термічного і каталітичного крекінгу?
5. Які види пального виробляють внаслідок переробки нафти?
6. Що таке октанове число? Від чого воно залежить? Які існують способи збільшення октанового числа?
7. Який зміст і призначення основних методів очищення нафтопродуктів?
8. У який спосіб вирішуються питання охорони довкілля у на нафтопереробних підприємствах?
9. Як здійснюють гідрогенізацію твердого та важкого рідкого палива?
10. Які особливості технологічного процесу газифікації твердого палива?
11. Які гази виробляють методом газифікації твердого палива?
12. Як здійснюють підземну газифікацію кам'яного вугілля?
13. Які способи використовують у виробництві генераторного, водяного та побутового газів;
14. Які сучасні технології та яке обладнання використовують у виробництві біопалива?

Лабораторно-практичне заняття 19. Технології важкого (або основного) органічного синтезу. Синтез на основі оксиду карбону (виробництво метанолу та формальдегіду). Процеси окиснення в органічному синтезі (виробництво фенолу та формальдегіду). Гідратація органічних сполук (виробництво етанолу). Нітрування та амінування в органічному синтезі (виробництво аніліну та нітробензену). Галогенування органічних сполук (виробництво дихлоретану, вінілхлориду та хлорбензену). Виробництво ацетилену та синтези на його основі (виробництво ацетальдегіду, ацетону, оцтової кислоти і її етерів).

Завдання для самостійного поглибленого вивчення:

(Виступи з самостійно підготованими доповідями за рекомендованими темами).

1. Синтез на основі оксиду карбону (виробництво метанолу та формальдегіду).
2. Процеси окиснення в органічному синтезі (виробництво фенолу та формальдегіду).

3. Гідратація органічних сполук (виробництво етанолу).
4. Нітрування та амінування в органічному синтезі (виробництво аніліну та нітробензену).
5. Галогенування органічних сполук (виробництво дихлоретану, вінілхлориду та хлорбензену).
6. Виробництво ацетилену та синтези на його основі (виробництво ацетальдегіду, ацетону, оцтової кислоти і її естерів).
7. Тонкий органічний синтез (виробництво барвників і миючих засобів).
8. Сучасне обладнання в органічному синтезі.

Лабораторно-практичне заняття 20. Технології виробництва та переробки полімерних матеріалів, пластмас і композитів. Технології виробництва та переробки полімерних матеріалів, пластмас і композитів. Класифікація хімічних волокон. Основні вимоги до полімерів, з яких виробляють волокна. Методи і способи формування полімерних волокон. Виробництво штучного віскозного волокна. Виробництво синтетичних поліакрилонітрилових волокон. Виробництво вуглецевих волокон. Виробництво природного мінерального волокна – азбесту. Виробництво штучних мінеральних базальтових і скляних волокон.

Контрольні питання:

1. Які полімерні матеріали використовують для виробництва пластмас і полімерних композитів?
2. Які технологічні процеси використовують для виробництва термопластів?
3. Які технологічні процеси використовують для виробництва реактопластів?
4. Які технологічні особливості промислового обладнання для виготовлення композитних полімерних матеріалів?
4. Які наповнювачі використовують у виробництві полімерних композитів?
5. Як класифікують хімічні волокна?
6. Які основні вимоги до полімерів, з яких виробляють волокна?
7. Які основні методи і способи формування полімерних волокон?
8. У чому полягає суть технологічного процесу виробництва штучного віскозного волокна?
9. У чому полягає суть технологічного процесу виробництва синтетичних поліакрилонітрилових (ПАН) волокон?
10. Які особливості виробництва вуглецевих волокон?
11. Які особливості виробництва природного мінерального волокна – азбесту.
12. Які методи застосовують у виробництві штучних мінеральних базальтових і скляних волокон?

13. Які види неорганічних волокон виробляють у промислових умовах?

Завдання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Сучасні напрямки розвитку полімерних матеріалів і композитів.
2. Біорозкладні полімери та їх застосування.
3. Технології вторинної переробки полімерних матеріалів і проблеми екології.
4. Використання наноматеріалів у полімерній промисловості.
5. Перспективи застосування полімерних і композитних матеріалів у машинобудуванні та авіакосмічній галузі.
6. Виробництво каучуків і гуми.

Лабораторно-практичне заняття 21. Технології виробництва фармацевтичних засобів. Класифікація лікарських форм. Технологія виробництва твердих лікарських форм. Технологія виробництва рідких лікарських форм. Технологія виробництва м'яких лікарських форм. Технологія виробництва стерильних і асептичних лікарських форм.

Контрольні питання:

1. Технології виробництва фармацевтичних засобів.
3. Класифікація лікарських форм.
4. Технологія виробництва твердих лікарських форм.
5. Технологія виробництва рідких лікарських форм
6. Технологія виробництва м'яких лікарських форм.
7. Технологія виробництва стерильних і асептичних лікарських форм.

Завдання для самостійного поглибленого вивчення:

1. Сучасні тенденції розвитку фармацевтичних технологій.
2. Технології отримання біотехнологічних препаратів (вакцини, гормони, ферменти).
3. Нанотехнології у виробництві лікарських засобів.
4. Проблеми стандартизації та контролю якості фармацевтичних препаратів.
5. Екологічні аспекти виробництва фармацевтичних засобів.
6. Перспективи створення індивідуалізованих лікарських форм (персоналізована медицина).

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Мета самостійної роботи полягає у наданні студентам/студенткам можливості докладніше ознайомитися з важливими сучасними технологіями в хімічній галузі та суміжних галузях промисловості, яких необхідні хіміко-технологічні процеси. Самостійна робота допомагає краще зрозуміти значення та можливості застосування отриманих знань, а досягнуті результати підвищують їхню самооцінку себе як майбутніх фахівців.

Наведений перелік завдань різних видів для самостійної роботи студентів/студенток як навчальної діяльності ґрунтуються на матеріалі за темами лекцій, але потребують використання сучасних наукових періодичних видань, праць провідних науковців у галузі хімії, ознайомлення з патентною літературою для пошуку та презентації на заняттях конкретних цікавих сучасних технологій, необхідних для реновації та її відбудови сучасної промисловості в Україні.

Важливою складовою самостійної роботи студентів/студенток є виконання індивідуальних робіт за обраними темами, результатами яких вони презентують на заняттях, збагачуючи знання своїх одногрупників.

ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ за/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Підготовка до поточних практичних занять	40
2.	Підготовка до лабораторних занять	10
3.	Підготовка до захисту лабораторних робіт	20
4.	Підготовка до написання звіту про екскурсію на конкретне підприємство хімічної промисловості	6
5.	Підготовка до написання реферату про конкретну технологію у хімічній промисловості на вибір згідно з наданим переліком тем	20
6.	Підготовка доповіді про технологію виробництва певного металу на вибір згідно з наданим переліком тем	20
7.	Підготовка доповіді про конкретне виробництво органічної речовини на вибір згідно з наданим переліком тем	20
8.	Індивідуальні консультації з викладачем/викладачкою	20
	Разом	156

Теми рефератів

1. Застосування сучасних альтернативних джерел енергії в хімічній технології.
2. Первинна та вторинна технології виробництва золота.
3. Мембранні методи розділення розчинів і схеми їх застосування у промислових технологічних процесах.
4. Мембранні процеси у технологічних процесах харчової промисловості.
5. Застосування процесів йонного обміну безпосередньо в технологіях виробництва продукції у хімічній промисловості.
6. Технологія очищення стічних вод з використанням озону. Технологія одержання озону.
7. Опріснення води методом електродіалізу та конструкційні особливості електродіалітичних мембранних апаратів.
8. Технологічна схема виробництва паперу різних видів (на прикладі виготовлення паперу двох або трьох видів продемонструвати залежність технологічного процесу від властивостей сировини та готового продукту, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
9. Особливості технології виготовлення скла різних видів і виробів з нього (на двох або трьох прикладах продемонструвати залежність технологічного процесу від хімічного складу сировини та властивостей готового продукту, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
10. Спільні та відмінні особливості технологічних процесів виробництва кераміки, майоліки, фарфору та фаянсу.
11. Технологічні процеси виготовлення жаростійких матеріалів для обладнання у хімічних виробництвах (на двох або трьох прикладах продемонструвати залежність технологічного процесу від хімічного складу сировини та властивостей готового продукту, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
12. Особливості технологічного процесу порошкової металургії у промисловості України (на двох або трьох прикладах продемонструвати залежність технологічного режиму процесу від властивостей металів і їх призначення, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
13. Особливості технологічних процесів термічної і хіміко-термічної обробки сталі та їх значення для застосування сталей у промисловості.
14. Перспективи виробництва мікродобрив з промислових відходів.

15. Особливості технологічних процесів виробництва мінеральних волокон різних видів (на двох або трьох прикладах продемонструвати залежність технологічного процесу від хімічного складу сировини та властивостей готового продукту, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
16. Технологічні особливості виготовлення синтетичних полімерних волокон спеціального призначення (на двох або трьох прикладах продемонструвати залежність технологічного процесу від властивостей сировини та властивостей готового продукту, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
17. Сучасні тенденції у технологіях вторинної переробки полімерних матеріалів.
18. Технологічні процеси виробництва барвників як одна з основних галузей тонкого органічного синтезу (на прикладі синтезу барвників різних класів продемонструвати залежність технологічного процесу від властивостей сировини та готового продукту, встановити причиново-наслідкові зв'язки).
19. Технологічні способи виготовлення нанокompозитних матеріалів.
20. Сучасні нанотехнології у промислових виробництвах.

Рекомендований план до змісту реферату та презентації:

- готова продукція та її призначення;
- до якої галузі промисловості належить виробництво;
- сировина та її підготовка, необхідне обладнання;
- технологічна схема виробництва;
- технологічний процес (стисло та логічно описати процес, охарактеризувати його за встановленими критеріями);
- хімічні перетворення у технології (рівняння хімічних реакцій за необхідності);
- встановити причиново-наслідкові зв'язки у виборі технологічного режиму у процесі виготовлення продукції;
- необхідне обладнання для здійснення технологічного процесу;
- встановити причиново-наслідкові зв'язки у виборі необхідного обладнання;
- відходи виробництва, їх переробка та утилізація;
- джерела забруднення довкілля, промислові викиди та їх очистка;
- вирішення екологічних проблем для збереження довкілля.

ТЕМИ ДОПОВІДЕЙ

№ за/п	Народні ремесла, які стали основою хімічних виробництв
1.	Гончарство
2.	Гутництво
3.	Мосяжництво
4.	Ковальство
5.	Золотарство
6.	Конвісарство
7.	Чинбарство (гарбарство)
8.	Боднарство
9.	Виготовлення природних барвників та фарбування тканин і вовни для ткацтва та килимарства
10.	Народна медицина та косметичні засоби
11.	Броварництво
12.	Солеварний промисел
13.	Кушнірство
14.	Ливарство
15.	Виноробство
16.	Деревообробка
17.	Бджільництво
18.	Та інші

У доповіді має бути відображений процес конкретного народного промислу (ремесла) як першооснови сучасної технології хімічного виробництва відповідної продукції.

Рекомендований план до змісту доповіді та презентації:

- готовий продукт і його призначення та застосування;
- сировина та її підготовка;
- кустарний ремісничий процес (хімічні перетворення у процесі, умови здійснення процесу);
- обладнання для ремісничого процесу;
- технологічна схема сучасного виробництва, створеного на основі ремесла.

ТЕМИ ДОПОВІДЕЙ

№ за/п	Електрохімічні та електротермічні виробництва
1.	Електролітичне виробництво фтору (F_2)
2.	Електролітичне виробництво натрію
3.	Електролітичне виробництво хлоратів натрію та калію
4.	Виробництво хлорного вапна та гіпохлоритів кальцію
5.	Електролітичне виробництво калій перманганату ($KMnO_4$)
6.	Електролітичне виробництво натрій перхлорату ($NaClO_4$) і перхлоратної кислоти
7.	Електролітичне виробництво пероксодисульфатної кислоти ($H_2S_2O_8$) і отримання гідроген пероксиду
8.	Електротермічне виробництво карборунду або карбіду силіцію (SiC)
9.	Електротермічне виробництво карбіду бору (B_4C)
10.	Електротермічне виробництво алунду або електрокорунду (Al_2O_3)

Доповідь та презентація мають відображати технологічний процес виробництва згідно з планом до змісту:

- готовий продукт і його призначення та застосування;
- сировина та її підготовка;
- технологічний процес (хімічні перетворення у технологічному процесі, технологічний режим);
- необхідне обладнання для здійснення технологічного процесу;
- побічні продукти;
- можливі екологічні проблеми та способи їх усунення.

ТЕМИ ДОПОВІДЕЙ

№ за/п	Виробництва рідкісних металів
1.	Виробництво алюмінію (Al) і сплавів на його основі
2.	Виробництво цинку (Zn)
3.	Виробництво свинцю (Pb)
4.	Виробництво молібдену (Mo)
5.	Виробництво вольфраму (W)
6.	Виробництво ніобію і танталу (Nb, Ta)
7.	Виробництво цирконію та гафнію (Zr, Hf)
8.	Виробництво ванадію і титану (V і Ti)
9.	Виробництво германію (Ge)
10.	Виробництво платини і сплавів з Pt
11.	Виробництво урану та плутонію (U, Pu)

Доповідь та презентація мають відображати технологічний процес виробництва згідно з планом до змісту:

- готовий продукт і його призначення та застосування;
- сировина та її підготовка, необхідне обладнання для цього процесу;
- технологічна схема виробництва металу (короткий опис);
- технологічний процес (хімічні перетворення у технологічному процесі, технологічний режим);
- необхідне обладнання для здійснення технологічного процесу;
- характеристика технологічного процесу за встановленими критеріями;
- побічні продукти і відходи виробництва, переробка та утилізація;
- можливі джерела забруднення довкілля, промислові викиди та заходи для їх очищення або усунення.

ТЕМИ ДОПОВІДЕЙ

№ за/п	Виробництва органічних речовин
1.	Синтези на основі СО (виробництво метанолу та формальдегіду), виробництво формальдегіду та фенолу окисненням органічних сполук
2.	Виробництво ацетилену та синтези на його основі (виробництво ацетальдегіду, ацетону, оцтової кислоти, ефірів оцтової кислоти)
3.	Гідратація органічних сполук (виробництво спиртів і альдегідів)
4.	Галогенування органічних сполук (виробництво дихлоретану, вінілхлориду та хлорбензолу, фторовуглеводнів)
5.	Процеси нітрування (виробництво нітробензолу та його похідних)
6.	Процеси амінування (виробництво аніліну та його похідних)
7.	Виробництво полімерів (на прикладі поліетилену, полістиролу, полівінілхлориду)
8.	Виробництво полімерів (на прикладі поліакрилових, фенолальдегідних і епоксидних смол)
9.	Виробництво полімерних матеріалів на прикладі силіційорганічних полімерів

Доповідь має відображати технологічний процес виробництва згідно з планом до змісту:

- загальна характеристика кінцевого продукту: його властивості, основне призначення та сфери застосування;
- сировинна база: види сировини, способи її підготовки до виробництва, а також опис обладнання, що використовується на цьому етапі;
- стисла технологічна схема виробництва органічної речовини з поясненням основних стадій; технічне забезпечення процесу: перелік та принцип дії обладнання, яке застосовується на усіх стадіях виробництва;
- опис основного технологічного процесу: хімічні реакції та перетворення, що відбуваються, а також параметри технологічного режиму (температура, тиск, каталізатори тощо);
- оцінка технологічного процесу за визначеними критеріями: ефективність, енергоємність, безпечність, екологічність;
- побічні продукти та відходи: їхня характеристика, методи переробки, утилізації або подальшого використання;
- аналіз впливу на довкілля: можливі джерела забруднення, типи викидів і заходи з очищення, знешкодження або попередження негативного впливу.

Творче завдання:

Необхідно створити підприємство для впровадження у сучасне виробництво хімічної технології одержання конкретного матеріалу чи речовини як готового продукту.

Доведіть доцільність створення вибраного виробництва та запропонуйте покроковий план дій для втілення цієї ідеї.

З чого треба починати? Що для створення підприємства необхідно мати?

Які важливі умови створення та функціонування підприємства?

Який хіміко-технологічний процес необхідно здійснити для одержання готового продукту?

Який технологічний процес згідно з критеріями класифікації має бути основою виробничого процесу?

Спробуйте скласти хіміко-технологічну схему, використовуючи необхідне технологічне обладнання, і технологічну схему виробництва.

Практичне заняття – екскурсія на підприємство

Результатом роботи студентів/студенток на практичному занятті – екскурсії на підприємство, на якому впроваджені хімічні технології, чи окремі хіміко-технологічні процеси, є змістовний звіт про виробництво, з яким студенти/студентки ознайомилися на екскурсії.

План звіту про екскурсію:

- назва підприємства, виробництво, галузь промисловості;
- продукція та її призначення;
- охарактеризувати сировину, методи її підготовки та обладнання;
- технологічна схема виробництва;
- технологічний процес (короткий опис необхідного обладнання для здійснення технологічного процесу);
- описати хімічні перетворення (хімічними рівняннями за необхідності) у технологічному процесі;
- охарактеризувати технологічний процес за встановленими критеріями;
- вода у виробництві;
- очистка стічних вод, використане обладнання;
- відходи виробництва, їх переробка та утилізація;
- джерела забруднення довкілля;
- промислові викиди та їх очистка.

*Звіт за обсягом має бути не більше, ніж 3 стор.

РОЗРАХУНКОВІ ЗАДАЧІ. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ. ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ

Задачі до теми «Промислово-технологічні розрахунки»

Матеріальний баланс складають за рівнянням основної сумарної реакції з урахуванням побічних процесів на підставі закону збереження маси речовини: *маса речовини, що надходить у вигляді чистої сировини або сировини з різними добавками, повинна завжди дорівнювати масі речовин, одержаних у вигляді продуктів, напівпродуктів і відходів виробництва.*

У загальному вигляді матеріальний баланс можна записати рівнянням:

$$M_a + M_b + M_v + \dots = M_{\text{пр}} + M_{\text{на}} + M_{\text{нб}} + M_{\text{нв}} + M_{\text{поб}} + M_{\text{вт}},$$

де M_a , M_b , M_v – маси речовин введених у виробничий процес (в одну із стадій або апарат);

$M_{\text{пр}}$ – маса основного продукту виробництва;

$M_{\text{на}}$, $M_{\text{нб}}$, $M_{\text{нв}}$ – маси речовин-реагентів, які не прореагували;

$M_{\text{поб}}$ – маса побічних продуктів;

$M_{\text{вт}}$ – маса втрат.

Матеріальний баланс складають із розрахунку на одиницю маси сировини або продукту (здебільшого на 1000 чи 100 кг продукту або сировини), чи одного апарата, або ж окремої операції чи навіть її стадії за одиницю часу. В більшості випадків статті балансу визначають не лише в одиницях маси чи об'єму, а й у відсотках, щоб обчислити ступінь використання сировини чи відношення маси фактично виробленої продукції до теоретично можливої.

Приклад обчислення матеріального балансу процесу виробництва амоніачної селітри, тобто нейтралізації нітратної кислоти амоніаком (на 1 т амоній нітрату).

Масові частки:

нітратної кислоти – 55%, $M_{\text{гHNO}_3} = 63$;

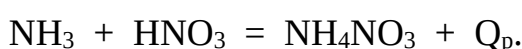
газоподібного амоніаку – 100%, $M_{\text{гNH}_3} = 17$;

амоній нітрату – 85%, $M_{\text{гNH}_4\text{NO}_3} = 80$.

Втрати амоніаку та нітратної кислоти – 1%.

Обчислення:

Амоній нітрат одержують за реакцією нейтралізації:



Обчислюємо масу введеної сировини:

1. Згідно з рівнянням для NH_4NO_3 масою 1 т ($w = 100\%$) потрібний амоніак масою:

$$m_{\text{теор. NH}_3} = 17 \cdot 1000 / 80 = 212,5 \text{ (кг)};$$

враховуючи втрати виробництва:

$$m_{\text{пр. NH}_3} = 212,5 \cdot 1,01 = 214,6 \text{ (кг)}.$$

2. Обчислюємо масу нітратної кислоти ($w = 100\%$), необхідної для виробництва NH_4NO_3 масою 1 т:

$$m_{\text{теор. HNO}_3} = 63 \cdot 1000 / 80 = 787,5 \text{ (кг)};$$

враховуючи втрати виробництва:

$$m_{\text{пр. HNO}_3} = 787,5 \cdot 1,01 = 795,4 \text{ (кг)}.$$

і концентрацію нітратної кислоти:

$$m_{\text{пр. HNO}_3} = 795,4 / 0,55 = 1446,2 \text{ (кг)}.$$

3. З нітратною кислотою в реактор потрапляє вода масою:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1446,2 - 795,4 = 650,8 \text{ (кг)}.$$

4. Загальна маса реагентів, які подали в реактор для нейтралізації:

$$m_{\Sigma} = m_{\text{пр. NH}_3} + m_{\text{пр. HNO}_3} + m_{\text{H}_2\text{O}},$$

$$m_{\Sigma} = 214,6_{\text{NH}_3} + 795,4_{\text{пр. HNO}_3} + 650,8_{\text{H}_2\text{O}} = 1660,8 \text{ (кг)}.$$

Обчислюємо масу розчину амоній нітрату ($w = 85\%$):

$$m_{\text{пр. NH}_4\text{NO}_3} = 1000 / 0,85 = 1176,47 \text{ (кг)}.$$

У процесі втрачено амоніак масою:

$$214,6 - 212,5 = 2,1 \text{ (кг)}.$$

Маса втрат нітратної кислоти становить:

$$795,4 - 787,5 = 7,9 \text{ (кг)}.$$

Маса випаруваної води (сокова пара) становить:

$$1660,8 - (1176,47 + 2,1 + 7,9) = 474,33 \text{ (кг)}.$$

$$650,8 - 474,33 = 176,47 \text{ (кг)}.$$

Результати розрахунків записуємо у таблицю.

**Матеріальний баланс процесу виробництва амоніачної селітри
нейтралізації нітратної кислоти амоніаком (на 1 т амоній нітрату)**

Введено		Одержано	
Сировина	т, кг	Продукт	т, кг
HNO ₃	795,4	NH ₄ NO ₃ (у перерахунку на 100%)	1000
H ₂ O	650,8	H ₂ O (сокова пара)	176,47
			474,33
NH ₃	214,6	Втрати NH ₃	2,1
		Втрати HNO ₃	7,9
Разом	1660,8		1660,8

Енергетичний (тепловий) баланс, як і матеріальний баланс, складають на основі закону збереження енергії. У загальному вигляді його можна записати таким рівнянням:

$$Q_{\phi} + Q_e + Q_v = Q'_{\phi} + Q_{vt},$$

де Q_{ϕ} – фізичне тіло, введене у процес з речовинами-реагентами;

Q_e – тепло екзотермічних реакцій і фізичних перетворень речовин-реагентів зі зміною їх агрегатного стану, яке виділяється під час процесу (якщо реакція ендотермічна, то тепло реакції з від'ємним знаком буде у правій частині рівняння);

Q_v – тепло, введене у процес ззовні (з пальними газами, паливом, нагрітою водою), яке не бере участі у реакції;

Q'_{ϕ} – фізичне тіло, виведене з продуктами процесу;

Q_{vt} – втрати тепла у навколишнє середовище, зумовлені теплопровідністю зовнішніх стінок апарата, випромінюванням і конвекцією.

Теплові баланси обчислюють у кілокалоріях (за системою СІ у Джоулях), а електричні – у кіловат-годинах.

Доцільність хімічного виробництва визначають за *техніко-економічними показниками*.

1. Витратними коефіцієнтами A називаються відношення маси чи об'єму кожного реагенту сировини до одиниці маси чи об'єму готового продукту, виражених у тоннах (т), кілограмах (кг) або метрах кубічних (м³).

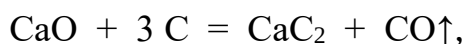
Теоретичні витратні коефіцієнти ($A_{теор}$) обчислюють як відношення мас у стехіометричних кількостях, згідно з якими відбувається перетворення сировини на готовий цільовий продукт:

$$A_{теор} = m_1 / m_2, \quad (1)$$

де m_1 – маса витраченої сировини, реагенту, m_2 – маса цільового продукту.

Обчислюючи практичні витратні коефіцієнти ($A_{практик}$), враховують ще побічні реакції, утворені відходи та виробничі втрати на всіх стадіях процесу.

Приклад обчислення витратних коефіцієнтів у виробництві кальцій карбіду. В цільовому продукті кальцій карбіді масою 1 т вміст чистого CaC_2 становить 90 %. Як сировину використовують антрацит марки АК, у якому вміст вуглецю становить 96 %, а вміст CaO в негашеному вапні – 85 %.



$$M_r \text{CaC}_2 = 64; M_r \text{CaO} = 56; M_r \text{C} = 12.$$

За умовою в готовому продукті масою 1 т міститься CaC_2 масою 900 кг, на його утворення за рівнянням реакції необхідно:

$$m_{теор \text{C}} = 900 \cdot 3 \cdot 12 / 64 = 506,25 \text{ (кг)} \quad \text{і} \quad m_{теор \text{CaO}} = 900 \cdot 56 / 64 = 787,5 \text{ (кг)}.$$

Враховуючи вміст реагентів у сировині, обчислюємо маси витраченої сировини:

$$m_{практик \text{C}} = 506,25 / 0,96 = 527,76 \text{ (кг)} \quad \text{і} \quad m_{практик \text{CaO}} = 787,5 / 0,85 = 926,47 \text{ (кг)}.$$

$$A_{теор \text{C}} = 527,76 / 1000 = 0,52776 \quad \text{і} \quad A_{теор \text{CaO}} = 926,47 / 1000 = 0,92647.$$

2. Ступінь перетворення χ_A – це частка реагенту (А) або компонента сировини, яку обчислюють як відношення маси реагенту, що прореагувала $m(A_{реак})$, до початкової маси реагента $m(A_0)$:

$$\chi(A) = [m(A_0) - m(A_{реак})] / m(A_0). \quad (2)$$

Враховуючи ступінь перетворення χ_A реагенту (А) або компонента сировини, обчислюють **практичні витратні коефіцієнти $B_{практик}$** :

$$B_{практик} = m(A_0) / [m(A_0) \cdot \chi_A]. \quad (3)$$

3. Вихід продукту η – це виражене у відсотках відношення маси чи об'єму фактично одержаного цільового продукту $m_{практик}$ ($V_{практик}$) до теоретично обчислених згідно з рівнянням реакції максимально можливих маси чи об'єму готового продукту $m_{теор}$ ($V_{теор}$), утвореного з цієї кількості речовини (сировини):

$$\eta = (m_{практик} / m_{теор}) \cdot 100\%. \quad (4)$$

де $m_{практик}$ – маса чи об'єм ($V_{практик}$) цільового продукту, отриманого практично; $m_{теор}$ – маса чи об'єм ($V_{теор}$) цільового продукту, теоретично можливого.

Якщо у процесі паралельно (чи послідовно) відбуваються інші реакції, у яких частина реагенту витрачається на утворення побічних продуктів, використовують технологічний показник **селективність s** – ступінь використання реагенту для одержання цільового продукту.

4. Продуктивність Π виробництва, обладнання чи окремого апарата – це маса отриманого готового продукту або переробленої сировини за одиницю часу (кг/год, т/добу, м³/добу):

$$\Pi = m_{\text{практ}} / \tau, \quad (5)$$

5. Потужність N – це максимально можлива продуктивність виробництва, обладнання чи окремого апарата згідно з проектними розрахунками за оптимальних умов (кг/год, т/добу):

$$N = \Pi_{\text{онт}}, \quad (6)$$

6. Інтенсивність I процесу чи апарату означає повноту використання робочого об'єму апарату і визначається відношенням продуктивності до одиниці корисного об'єму чи одиниці корисної площі апарату (кг/м³·год, кг/м²·год):

$$I = \Pi / V_n = m / (V_n \tau), \quad (7)$$

$$I = \Pi / S_n = m / (S_n \tau), \quad (8)$$

де V_n – корисний об'єм апарату; S_n – корисна площа апарату.

Наприклад, інтенсивність мартенівських печей визначають зніманням сталі з 1 м² поду печі за добу, а інтенсивність сушарки визначають масою пари, що випаровується з 1 м² поверхні сушарки за годину.

7. Економічна ефективність – це найважливіший показник досконалості хіміко-технологічного процесу, що характеризується капітальними витратами, собівартістю продукції та продуктивністю праці.

Питомі капітальні витрати $K_{\text{нум}}$ – відношення загальної вартості установки чи цеху до їхньої річної потужності (грн·рік/тонна):

$$K_{\text{нум}} = K / N, \quad (9)$$

K – капітальні витрати (у грн), N – потужність установки (тонна/рік).

Задача 1. Складіть матеріальний баланс контактного апарату окиснення амоніаку із розрахунку на 1 000 кг амоніаку. Об'ємна частка амоніаку в амоніачно-повітряній суміші становить 11,5 %. Ступінь перетворення амоніаку на NO – становить 98 %, решта амоніаку окиснюється до N₂. Склад повітря: об'ємна частка азоту – 79 %, кисню – 21 %.

Задача 2. Складіть матеріальний баланс виробництва чистого метилового спирту масою 1 т, якщо початкова суміш газів складається лише з CO та H_2 у відношенні 1 : 2, ступінь перетворення (конверсії) синтез-газу 20 %. Вихід метилового спирту становить 87 % від теоретично обчисленого.

Задача 3. Складіть матеріальний баланс виробництва кальцій карбиду масою 1 т, якщо масова частка чистого CaC_2 у готовому продукті становить 95 %. Як сировину використано — антрацит марки АК, в якому масова частка вуглецю становить 96 %, а вміст CaO в негашеному вапні — 87 %.

Задача 4. Складіть матеріальний баланс процесу випарювання розчину каустичної соди масою 100 т, якщо масова частка натрій гідроксиду в початковому розчині становила 15 %, а в розчині після випарювання — 60 %. Втрати у процесі випарювання становлять 0,3 %.

Задача 5. Складіть спрощений матеріальний баланс виробництва етанолу масою 1 т прямою гідратацією етилену. Початковий склад парогазової суміші: об'ємна частка етилену становить 60 %, водяної пари — 40 %. Ступінь гідратації етилену становить 5 %. Побічні реакції і тиск не враховувати.

Задача 6. Складіть матеріальний баланс випалювання колчедану масою 1000 кг, в якому масова частка сульфуру становить 41 %, вологи — 4,5 %, якщо в одержаному сірчистому газі об'ємна частка SO_2 становить 11,5 %.

Задача 7. У колону для окиснення твердого парафіну завантажують парафін масою 45 т, який займає 75 % об'єму колони (висота колони — 10 м, діаметр — 2,5 м). Процес окиснення триває близько 18 год. Обчислити продуктивність й інтенсивність процесу окиснення парафіну.

Задача 8. Обчислити продуктивність за добу роторного гумозмішувача закритого типу, якщо з його камери через кожні 10 хв. вивантажують гумову суміш масою 255 кг.

Задача 9. За декаду місяця у колоні синтезу амоніаку переробляють азот об'ємом 704260 м^3 і водень об'ємом 2170000 м^3 (за н. у.). Виробничі втрати водню становлять 7,6 %, а азоту — 4,8 %. Обчислити продуктивність колони синтезу амоніаку за добу.

Задача 10. Обчислити максимальну продуктивність печі для випалювання колчедану у завислому стані (висота печі — 10 м, діаметр — 4 м), якщо інтенсивність її роботи $I = 1000\text{ кг/м}^3$ за добу.

Задача 11. Обчислити витратні коефіцієнти сировини для виробництва сульфур(IV) оксиду масою 1 т, якщо масова частка сульфуру в піриті становить 45 %, вологи – 1,5 %, а повітря для випалювання піриту подають з надлишком у 1,5 рази. Склад повітря: об'ємна частка азоту – 79 %, кисню – 21 %.

Задача 12. Обчислити витратні коефіцієнти сировини для виробництва добрива амоній фосфату $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ масою 1 т, якщо використано розчин фосфатної кислоти ($w = 55 \%$) і амоніак ($w = 98 \%$), масова частка вологи в амоніаку становить 2 %.

Задачі до теми «Сировина у хімічній технології»

Для забезпечення ефективності технологічного процесу та виробництва загалом, тобто для досягнення максимального виходу готового цільового продукту, обов'язковим є процес збагачення сировини, який характеризують спеціальними кількісними показниками.

Вихід концентрату η_k – відношення маси одержаного концентрату до маси переробленої руди, виражене у %:

$$\eta_k = m_k / m_p \cdot 100\% \quad \text{або} \quad \eta_k = [(w_p - w_k) / (w_k - w_x)] \cdot 100\%,$$

де m_k – маса концентрату; m_p – маса руди; w_k – масова частка концентрату; w_p – масова частка руди.

Ступінь вилучення ε – відношення маси корисного компонента в концентраті до маси цього компонента в руді, виражене у %:

$$\varepsilon = m_1 / m_2 \cdot 100\% \quad \text{або} \quad \varepsilon = \eta_k \cdot (w_k / w_p).$$

Ступінь збагачення (ступінь концентрування) α – відношення масової частки (у %) корисного компонента в концентраті до масової частки (у %) корисного компонента в руді:

$$\alpha = w_k / w_p.$$

Задача 1. Щоб перетворити немагнітний бурий залізняк (лимоніт $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) на магнітний ферум оксид, руду відпалюють у суміші доменного та коксового газів за температури 920-1020 К. Обчислити масу магнітного ферум оксиду у кінцевому продукті, одержаному з руди масою 2100 т, в якій масова частка порожньої породи становить 30,8 %.

Задача 2. Обчислити масу колчедану, в якому масова частка сульфуру становить 43 %, необхідну для одержання сульфур(IV) оксиду масою 1 т, якщо виробничі втрати газу становлять 2,5 %?

Задача 3. На гірничо-збагачувальному комбінаті у магнітному сепараторі переробляють подрібнений титаномагнетит масою 220 т за 1 год. Вихід магнітного продукту становить 38,2 %. Масова частка феруму в руді – 16,5 %, а у магнітному продукті – 30,5 %. Обчислити масу концентрату і масу феруму у ньому. Обчислити масу відходів і масову частку феруму в них.

Задача 4. Масова частка Fe_2O_3 в руді становить 72%, а масова частка Fe у концентраті – 70 %. Обчислити масу концентрату, яким можна замінити цю руду масою 10 т.

Задача 5. З поліметалічної руди масою 100 т одержано молібденовий концентрат масою 95 кг (ступінь концентрування – 8,6). Масова частка молібдену у концентраті становить 51%. Обчислити вихід концентрату і ступінь вилучення металу.

Задача 6. З поліметалічної руди масою 100 т було одержано мідний концентрат масою 2250 кг (ступінь концентрування – 35,5). Масова частка купруму у концентраті становить 25,5 %. Обчислити вихід концентрату і ступінь вилучення металу.

Задача 7. На збагачувальній фабриці з руди халькопіриту масою 60 т, в якому масова частка Cu $w = 0,015$, одержали концентрат масою 5,8 т, у якому масова частка CuS – 14,5 %. Обчислити вихід концентрату і масову частку Cu у концентраті, а також ступінь вилучення Cu з концентрату.

Задачі до теми «Вода у хімічній технології»

Задача 1. Природним джерелам властиві сезонні коливання жорсткості води. Так, у березні в середній течії річки у воді об'ємом 2 м³ містяться йони Ca^{+2} масою 88 г і йони Mg^{+2} масою 51 г, а у травні – йони Ca^{+2} масою 11 г і йони Mg^{+2} масою 6,4 г. Обчислити загальну жорсткість води у ці місяці року.

Задача 2. На водоочисну станцію для пом'якшення подається вода, в якій вміст йонів Ca^{+2} становить 220 мг/л, йонів Mg^{+2} – 35 мг/л, йонів HCO_3^- – 310 мг/л, а також вільного вуглекислого газу – 100 мг/л. Обчислити тимчасову, сталу та загальну жорсткість води.

Задача 3. У природній воді об'ємом 25 мл містяться йони Ca^{+2} масою 42,5 мг, йони Mg^{+2} масою 6,25 мг і йони HCO_3^- масою 60 мг. Обчислити сталу жорсткість води.

Задача 4. Для окиснення органічних домішок, які містяться у воді об'ємом 250 мл, витрачено розчин 0,007 М калій перманганату об'ємом 2 мл. Обчислити окиснюваність води (у перерахунку на кисень).

Задача 5. На водоочисній станції продуктивністю 100 000 м³/добу як коагулянт використовують ферум(II) сульфат, необхідна доза його становить 80 мг/л. Обчислити добову потребу залізного купоросу, в якому масова частка $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ становить 98 %, а втрати коагулянту – 4 %.

Задача 6. Обчислити масу універсального катіоніту КУ-2, ємність поглинання якого становить 2,2 моль/кг, для забезпечення десятиденної безперервної роботи фільтрів продуктивністю 70080 м³ води за рік. Середня жорсткість очищуваної води становить 6,1 ммоль екв/л.

Задача 7. Обчислити час роботи колонки з Na-катіонітом до регенерації, якщо вода жорсткістю 5,0 ммоль екв/л подається зі швидкістю потоку 10 м³/год. Об'єм катіоніту в колонці становить 2 м³, а його поглинальна ємність – 1200 моль/м³.

Задача 8. Питну воду, в якій вміст фтору становить 0,4 мг/л, необхідно додатково фторувати для досягнення санітарної норми – 0,8 г/м³. Обчислити масу розчину NaF (w = 2,5 %), необхідного для фторування природної води об'ємом 1000 м³. Для приготування розчину використовують кристалічний натрій фторид, в якому масова частка домішок становить 0,1.

Задача 9. На водоочисній станції продуктивністю 82,29 м³/год природну воду, у якій загальний вміст солей становить 2 000 мг/л, опріснюють, пропускаючи через високоємний катіоніт у Н-формі та слабкоосновний аніоніт. Вміст солей в очищеній питній воді становить 750 мг/л. Обчислити масу солей, затриманих йонітами за добу.

Задача 10. Жорсткість води після оброблення її вапняною водою становить 1,25 ммоль екв/л йонів Ca^{+2} . Обчислити необхідну масу натрій фосфату, в якому є домішки (w = 0,05), для повного пом'якшення води об'ємом 5000 м³, враховуючи, що залишковий вміст реагенту не повинен перевищувати санітарно-допустиму норму – 2,5 мг/л.

Задача 11. Обчислити загальну жорсткість води, в якій є аніони гідрокарбонату, якщо для титрування проби цієї води об'ємом 75 мл, витрачено 0,03 М хлоридну кислоту об'ємом 12 мл. Стала жорсткість води – 2,1 ммоль екв/л.

Задача 12. Загальна продуктивність усіх випарних апаратів опріснювальної установки в невеликому промисловому морському місті становить 100 000 м³/добу. Обчислити загальну масу солей, видалених за добу з морської води, вміст солей у якій становить 5 г/л.

Задача 13. Обчислити окиснюваність води (у перерахунку на кисень), якщо для окиснення органічних речовин у досліджуваній воді об'ємом 300 мл витрачено розчин 0,005 М калій дихромату об'ємом 5 мл.

Задача 14. Для запобігання обростанню водоростями елементів градирень і зрошувальних теплообмінних апаратів зворотну воду хлорують 3 рази на рік. Обчислити річну потребу хлору, якщо загальний об'єм зворотної води на підприємстві становить 500 000 т/рік. Доза хлору у воді має становити 8 мг/л.

Задача 15. Вміст коагулянту ферум(II) сульфату у витратних баках водоочисної станції потужністю 40 000 м³/добу становить 10 % (від маси кристалічного залізного купоросу). Обчислити добову потребу розчину коагулянту, якщо його доза для цього типу води – 25 мг/л. Масова частка домішок у залізному купоросі становить 4,5 %.

Задача 16. На водоочисну станцію потужністю 40 000 м³/добу потрапляє вода з підвищеними мутністю і колірністю. Обчислити тижневу потребу розчинів коагулянту і флокулянту (поліакриламід), враховуючи, що у воді доза коагулянту має становити 32 мг/л, а флокулянту – 0,8 мг/л. У робочих розчинах масові частки коагулянту – 16 %, а флокулянту – 0,32 %. Промислові втрати реагентів становлять 7,0 %.

Задача 17. Через катіонітовий фільтр, робочий об'єм якого становить 4,5 м³, пропускають воду з об'ємною швидкістю течії 12 м³/год протягом 72 год без регенерації. Початкова жорсткість води становить 6,8 ммоль екв/л, а пом'якшеної води – 0,01 ммоль екв/л. Обчислити поглинальну ємність катіоніту.

Задача 18. Обчислити масу хлору, необхідного для хлорування питної води об'ємом 10000 м³, якщо його допустимий залишковий вміст у воді становить 0,4 мг/л, масова частка хлору $w = 0,3$ витрачається на окиснення домішок, а виробничі втрати хлору становлять 7 %.

Задача 19. Підземні води перед використанням знезаражують озонуванням. Обчислити продуктивність озонатора, якщо протягом 3 год безперервної роботи знезаражують воду об'ємом $8\,000\text{ м}^3$. Необхідна доза озону – $0,75\text{ мг/л}$.

Задача 20. У Канівському водосховищі для знезаражування та знебарвлення (на 1 градус колірності) води об'ємом $100\,000\text{ м}^3$ використовують озон. Якщо активна реакція води становить $\text{pH} = 7$, необхідна доза озону для знезараження становить $0,75\text{ мг/л}$, якщо ж $\text{pH} = 8,5$, потрібна доза озону – $0,45\text{ мг/л}$. Обчислити, наскільки менше озону потрібно для знезаражування води, показник pH якої вищий.

Задача 21. Для запобігання обростання водоростями елементів градирень охолоджувачі води обробляють розчином мідного купоросу тричі за рік. Обчислити річну потребу технічного кристалічного мідного купоросу, якщо у градирнях охолоджують воду масою $700\,000\text{ т/рік}$. Доза мідного купоросу (у розрахунку на кристалогідрат) – $1,5\text{ мг/л}$, а технічний купорос містить $2,0\%$ сторонніх домішок.

Задача 22. У цеху виробництва карбідних смол продуктивністю 9000 т/рік для одержання готового продукту масою 1 т витрачають оборотну воду об'ємом 30 м^3 . Для запобігання утворення біологічної плівки у теплообмінних апаратах 2 рази на рік їх обробляють хлором. Обчислити річну потребу хлору, якщо доза хлору у воді становить $0,8\text{ мг/л}$, а виробничі втрати хлору – 12% .

Задача 23. Норма використання питної води на 1 мешканця у міських районах становить приблизно 500 л/добу (з врахуванням витрат на місцеву промисловість, будівництво, транспорт, комунальні послуги тощо). Обчислити сумарну продуктивність усіх озонаторів в місті з населенням $600\text{ тис. мешканців}$ для знезараження частини води, що становить 60% від загального об'єму (необхідна доза озону – $0,8\text{ мг/л}$).

Задачі до теми «Охорона навколишнього середовища»

Задача 1. Обчислити масу пального, використаного автомобілем за один робочий день, якщо протягом місяця у повітря потрапив карбон(II) оксид масою 560 кг . Встановлено, що внаслідок згоряння пального масою 1 кг утворюється карбон(II) оксид масою 805 г . Обчислити масу метаналу, який можна одержати з вловленого газу.

Задача 2. Фтороводень, що міститься у газоподібних відходах заводу, вловлюють фільтрами і поглинають розчином натрій гідроксиду ($w = 5\%$). Обчислити масу фтороводню, поглинутого за добу, якщо для цього використано розчин натрій гідроксиду масою 2,5 т.

Задача 3. На виробництві нітратної кислоти для очищення викидів газів від нітроген(IV) оксиду пропонують два способи: абсорбція концентрованою сульфатною кислотою і каталітичне відновлення. Першим способом вміст нітроген(IV) оксиду із 9000 мг/м^3 зменшують до 1900 мг/м^3 , а другим способом – до 900 мг/м^3 . Обчислити ефективність (у %) двох способів і порівняти їх.

Задача 4. У радіусі 5 км навколо хімічного заводу відчувається запах сірководню. Аналіз проб повітря, відібраного з гелікоптера на висоті 2,5 км, підтвердив його наявність. Вміст сірководню у повітрі становить $4,5\%$ від гранично допустимої концентрації ($\text{ГДК}_{\text{H}_2\text{S}} = 0,01 \text{ мг/л}$). Обчислити масу сульфатної кислоти, яку можливо одержати, якщо вловити весь сірководень.

Задача 5. Котельню забезпечили вугіллям, у якому міститься сульфур ($w = 1,7\%$). Встановлено, що внаслідок спалювання вугілля в атмосферу потрапляє сульфур(IV) оксид, утворений із сульфуру, частка якого становить лише 90% від загальної маси. Обчислити масу газу, який забруднює атмосферу, якщо протягом року кожної доби на котельні спалюють вугілля масою 3,8 т. Обчислити масу натрій сульфіту, який можна одержати внаслідок абсорбції газу.

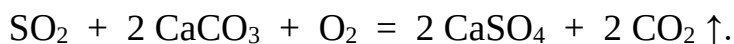
Задача 6. Апарат для знефенолювання повітря на хімічному заводі (у закритому приміщенні) очищує 50000 м^3 повітря за годину. За добу апарат вбирає фенол масою 1420 г. Обчислити залишок фенолу у повітрі після очищення, якщо до очищення його вміст становив $1,88 \text{ мг/м}^3$. Порівняти, наскільки вміст фенолу в очищеному повітрі відрізняється від гранично допустимої концентрації. (ГДК фенолу в повітрі робочої зони становить $0,1\text{-}1,0 \text{ мг/м}^3$.)

Задача 7. Обчислити об'єм води, яку додатково одержить водне господарство міста, якщо на підприємстві для виробництва амоніаку масою 1 т витрати води зменшити з 550 м^3 до 50 м^3 . Потужність колони синтезу амоніаку становить 3500 т/добу .

Задача 8. Під час зупинки автомобіля двигун працює, і за 1 хв у повітря потрапляє карбон(II) оксид масою 80 мг. Обчислити, як сприяє очищенню повітря введення «зеленої хвилі» на проспекті з 10-ма регульованими перехрестями, якщо біля кожного з них на 40 секунд зупиняються в середньому 12 автомобілів.

Задача 9. На коксохімічному заводі фільтрами було вловлено амоніак, для знезараження якого використали 600 кг розчину нітратної кислоти ($w = 42\%$). Обчислити об'єм вловленого амоніаку та масу одержаного добрива.

Задача 10. На металургійному заводі у процесі виробництва сталі масою 1 млн т в атмосферу потрапляє сульфур(IV) оксид масою 8200 т. Газ вловлюють і сорбують хімічним способом за допомогою вапняку:



Обчислити необхідну масу кальцій карбонату, враховуючи, що очистити вдається газ, частка якого становить лише 45 % від загальної маси.

Задача 11. Із газоподібних відходів нафтопереробного заводу сульфур(IV) оксид вилучають у такий спосіб: спочатку змішують з амоніаком і водяною парою, а потім утворені продукти сорбують натрій гідроксидом. Записати рівняння реакцій, які відбуваються під час цього процесу. Обчислити ефективність утилізації сульфур(IV) оксиду, якщо внаслідок взаємодії SO_2 масою 97 т з амоніаком утворюється натрій сульфід масою 120 т.

Задачі до теми «Фізико-хімічні умови технологічних процесів»

У каталітичних процесах *об'єм каталізатора* в контактному апараті обчислюють за формулами:

$$V_k = V_c \cdot \tau \cdot \alpha \quad \text{або} \quad V_k = (V_c / V_{об}) \cdot \alpha,$$

де V_c – витрати газу, $\text{м}^3/\text{сек}$; $V_{об}$ – об'ємна швидкість газу, сек^{-1} ;
 τ – час контакту, сек; α – коефіцієнт запасу.

Задача 1. Обчислити константу швидкості k_2 процесу окиснення SO_2 до SO_3 за температури $T_2 = 890 \text{ K}$, якщо за температури $T_1 = 793 \text{ K}$ константа швидкості процесу $k_1 = 5,45 \cdot 10^5$. Енергія активації процесу $E = 87900 \text{ кДж/моль}$, ($e = 2,3$; $R = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$).

Задача 2. Обчислити об'єм керамічної насадки у скруберній башті, в якій у процесі висушування сульфур(IV) оксиду за 1 год було поглинуто водяну пару масою 1360 кг. Тиск водяної пари внаслідок висушування газу знизився на $\Delta p = 773,26 \text{ Па}$. Коефіцієнт швидкості поглинання водяної пари $k = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$. Коефіцієнт запасу насадки $\alpha = 1,2$. Поверхня 1 м^3 насадки – 110 м^2 .

Задача 3. За температури 773 К і тиску $3 \cdot 10^7$ Па ентальпія утворення амоніаку з азоту і водню $\Delta H = -55,8$ кДж/моль. Обчислити, скільки теплоти виділиться у процесі синтезу амоніаку масою 15 т за встановленого технологічного режиму.

Задача 4. За температури 950 К у процесі окиснення $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{SO}_3$ константа рівноваги реакції $K_p = 1,06 \cdot 10^{-2}$. Обчислити K_p реакції за температури 850 К. Ентальпія реакції $\Delta H = -92,623$ кДж/моль.

Задача 5. Обчислити теплоту, яка виділиться у процесі утворення метанолу масою 100 кг із синтез-газу (CO та H_2). Ентальпія утворення CO – 110583 кДж/кмоль, а метанолу – 201456 кДж/кмоль.

Задача 6. Екзотермічна реакція першого порядку відбувається за температури $T_1 = 573$ К. Енергія активації $E = 20000$ кДж/моль, ($e = 2,3$). Внаслідок реакції температура реакційної суміші підвищилася до $T_2 = 673$ К. Обчислити, як змінилася швидкість реакції.

Задача 7. За температури $T_1 = 673$ К процес відбувається у 10 разів повільніше, ніж за температури $T_2 = 700$ К. Обчислити енергію активації процесу, якщо рушійна сила процесу залишається незмінною. ($e = 2,3$; $R = 8,314$ Дж/моль·К).

Задача 8. Об'єм башти-скрубера для висушування кисню – 85 м^3 , поверхня 1 м^3 керамічної насадки, яка заповнює башту – 110 м^2 (коефіцієнт запасу башти $\alpha = 1,2$). Обчислити швидкість поглинання води з газу за таких умов: рушійна сила процесу $\Delta p = 773,26$ Па, коефіцієнт поглинання $k = 2,1 \cdot 10^{-4}$ Па.

Задача 9. Обчислити середню швидкість реакції окиснення SO_2 до SO_3 на першому шарі каталізатора, якщо ступінь перетворення SO_2 на SO_3 становить 0,67. Константа швидкості – $k = 2,81 \cdot 10^5$. Кількісний склад реакційної суміші газів: об'ємна частка SO_2 становить 10 %, O_2 – 11 %, N_2 – 79 %.

Задача 10. Обчислити реакційний об'єм реактора, в якому відбувається процес окиснення SO_2 до SO_3 за таких умов: час контактування SO_2 з ванадієвим каталізатором $\tau = 0,12$ с, витрати газу $V_{\text{газу}} = 16800 \text{ м}^3/\text{год}$, коефіцієнт запасу $\alpha = 1,25$.

Задача 11. Обчислити об'єм каталізатора в контактному апараті для окиснення SO_2 до SO_3 , якщо час контакту SO_2 з каталізатором $\tau = 0,25$ с, а витрати газу $V_{\text{газу}} = 10280 \text{ м}^3/\text{год}$.

Задача 12. Обчислити продуктивність каталізатора ($\text{кг/м}^3 \cdot \text{год}$) та об'ємну швидкість у процесі утворення амоніаку, якщо через колону синтезу пропускають азотоводневу суміш об'ємом $30000 \text{ м}^3/\text{год}$ (н. у.). Об'ємна частка амоніаку в газовій суміші на виході з колони становить 21 %. Об'єм каталізатора в контактному апараті – $1,25 \text{ м}^3$.

Задача 13. Реакція відбувається в реакторі за наявності каталізатора з об'ємною швидкістю $V = 138 \text{ м}^3 (\text{м}^3 \cdot \text{год})$. Діаметр реактора $d = 1,58 \text{ м}$, висота $h = 3,27 \text{ м}$. Каталізатор займає 0,75 об'єму реактора. Обчислити час контакту газу з каталізатором і об'єм газової суміші, який проходить через реактор за 1 год.

Задача 14. Як продовження розв'язку задачі 9 обчислити рушійну силу процесу окиснення SO_2 до SO_3 на другому, третьому та четвертому шарах каталізатора. Ступені перетворення SO_2 на SO_3 на кожному наступному шарі становлять, відповідно, – 0,8; 0,95 і 0,98. Для кожного наступного шару в реакційній суміші газів початковою вважати концентрацію (об'ємні частки) SO_2 – 10 %, O_2 – 11 %, N_2 – 79 %. (Так, для 2-го шару каталізатора CSO_2 – 3,42 %, CO_2 – 8,05 %.)

Задача 15. Газ подають у контактний апарат зі швидкістю $11500 \text{ м}^3/\text{год}$, час контактування газу з каталізатором – 0,45 сек, коефіцієнт запасу $\alpha = 1,2$. Температура в зоні реакції – $T = 800 \text{ К}$. Обчислити об'єм каталізатора в контактному апараті.

Задача 16. Обчислити висоту шару каталізатора в контактному апараті, площа поперечного перетину якого $70,3 \text{ м}^2$. Газ подають в апарат зі швидкістю 210 м^3 , час контактування газу з каталізатором – 0,50 сек., коефіцієнт запасу $\alpha = 1,2$. Температура в зоні реакції – 770 К .

Задачі до теми «Виробництво сульфатної кислоти»

Задача 1. У середні віки сульфатну кислоту одержували з ангідриду, який утворювався внаслідок прожарювання залізного купоросу. Обчислити масу сульфатної кислоти ($w = 98\%$), яку виробляли з руди масою 20 кг, у якій масова частка домішок становила 8 %.

Задача 2. Обчислити об'єм і встановити склад сірчистого газу, який утворюється за 1 год внаслідок повного випалення колчедану, в якому масова частка сульфуру становить 45 %. Для процесу випалювання щогодини подають 2000 м^3 повітря у печі типу КШ продуктивністю 200 т/добу.

Задача 3. Продуктивність одного агрегату виробництва сульфатної кислоти з флотаційного колчедану контактним методом подвійного контактування – 1000 т/добу H_2SO_4 ($w = 100\%$). Ступінь перетворення SO_2 на SO_3 $\alpha = 0,998$. Обчислити масу амоніачного поглинача газу ємністю 45 кг/м^3 , необхідного для запобігання викидам SO_2 в атмосферу.

Задача 4. Обчислити об'єм сульфур(IV) оксиду, який необхідно пропустити через контактний апарат (ступінь контактування – 98%), щоб одержати сульфатну кислоту ($w = 98\%$) масою 250 т.

Задача 5. Обчислити масу сульфур(IV) оксиду, який щодобово одержують в печі у завислому стані випалюванням колчедану, в якому масова частка сульфуру становить 42 %. Розміри печі: діаметр $d = 3,5 \text{ м}$, висота $h = 10 \text{ м}$. Інтенсивність роботи печі – 700 кг/м^3 за добу.

Задача 6. У процесі випалювання флотаційного колчедану в печах типу КШ з надлишком повітря ($\alpha = 1,2$) утворюється сірчистий газ, у якому об'ємні частки SO_2 – 13,5 %, SO_3 – 0,1 %, O_2 – 2,0 %, N_2 – 79 %, H_2O – 5,2 %. Обчислити, як зміниться вміст SO_2 у викидах в атмосферу з установки подвійного контактування, якщо на виході з третього шару каталізатора ступінь контактування становить 90%, а на виході з четвертого шару каталізатора – 99,5%.

Задача 7. Обчислити константу швидкості k_2 процесу окиснення SO_2 до SO_3 за температури $T_2 = 873 \text{ К}$. За температури $T_1 = 793 \text{ К}$ константа швидкості процесу становить $k = 5,45 \cdot 10^5$. Енергія активації процесу $E = 87900 \text{ кДж/моль}$, $e = 2,3$.

Задача 8. Обчислити кількість теплоти і необхідний об'єм повітря у процесі випалювання колчедану масою 100 кг, в якому масова частка сульфуру становить 35 %, а карбону – 5 %. Ентальпії згоряння $\Delta H_{\text{колч.}} = 3\,415\,700 \text{ кДж/кмоль}$, а $\Delta H_{\text{с.}} = 409\,872 \text{ кДж/кмоль}$.

Задача 9. Обчислити кількість теплоти, що виділиться внаслідок конденсації сульфатної кислоти масою 1 т, якщо
 $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{г}} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_{4\text{р}} + 50,282 \text{ кДж/моль}$.

Задача 10. Обчислити масу води, що треба додати у змішувач до розчину сульфатної кислоти ($w = 75\%$) масою 15 т, щоб отримати розчин H_2SO_4 ($w = 65\%$).

Задача 11. Обчислити об'єм сульфур(IV) оксиду та масу недогарку, що утворюються внаслідок випалювання колчедану масою 1 т, у якому масова частка сульфуру становить 40 %. Ступінь випалювання піриту становить 99 %.

Задача 12. Для окиснення SO_2 до SO_3 в контактному апараті необхідний сірчистий газ, в якому об'ємна частка SO_2 становить 7 %, O_2 – 11 % і N_2 – 82 %. Щоб довести сірчистий газ до такого оптимального складу, до 100 об'ємів виведеного з печі сірчистого газу додали 30 об'ємів повітря. Обчислити кількісний склад сірчистого газу, виведеного з печі.

Задача 13. Продуктивність контактного апарату виробництва сульфатної кислоти $\Pi = 1080$ т/добу. В апарат подають сірчистий газ, в якому масова частка SO_2 становить 7,5 %, ступінь контактування – 98%. Обчислити об'єм газу (н. у.), який подають у контактний апарат протягом 1 год.

Задача 14. Обчислити об'єм повітря, збагаченого киснем (об'ємна частка кисню становить 26 %), використаного для спалювання газу об'ємом 3000 м^3 , у якому об'ємна частка H_2S становить 80 %. Обчислити об'єм утвореного сульфур(IV) оксиду.

Задача 15. Обчислити об'єм суміші газу H_2S і повітря, якщо внаслідок процесу спалювання утворився сульфур(IV) оксид об'ємом 400 м^3 . Крім того, виявлено, що кисень об'ємом 85 м^3 не прореагував.

Задача 16. Обчислити об'єм сухого повітря (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,5$), необхідного для спалювання колчедану масою 200 кг, в якому масова частка сульфуру становить 44 %. Вологість колчедану після флотаційного збагачення – 6,5 %.

Задача 17. Обчислити об'єм сірчистого газу, утвореного внаслідок спалювання колчедану масою 100 кг, в якому масова частка сульфуру становить 43 %. Вологість колчедану після флотаційного збагачення – 6,7 %. Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,5$. Об'ємна частка SO_2 в одержаному газі – 11 %.

Задача 18. Обчислити масу недогарку, який утворюється внаслідок повного випалювання сірки із сухого колчедану, в якому масова частка сульфуру становить 41 %, у печі типу КШ продуктивністю 200 т/добу.

Задача 19. Обчислити об'єм суміші газу H_2S і повітря, якщо внаслідок процесу спалювання утворився сульфур(IV) оксид об'ємом 400 м^3 . У суміші вихідних газів об'єм кисню становив 85 м^3 .

Задача 20. Обчислити добову потребу повітря для печі, в якій випалюють колчедан, у якому міститься лише пірит FeS_2 масою 24 т. Повітря пропускають у надлишку з таким розрахунком, щоб у суміші газів, які виходять з печі, об'ємна частка кисню становила 11 % (за н. у.). Об'ємна частка кисню у повітрі – 21 %.

Задача 21. Обчислити масу води, яку необхідно додати до розчину сульфатної кислоти ($w = 75 \%$), щоб одержати розчин сульфатної кислоти ($w = 68 \%$), який використовують у виробництві фосфатних добрив.

Задача 22. Продуктивність печі для випалювання колчедану – 30 т/добу . Вихід сульфур(IV) оксиду становить $97,4\%$ від теоретично можливого. Обчислити масу газу SO_2 , одержаного за місяць, якщо масова частка сульфуру у колчедані становить $42,4 \%$.

Задача 23. Відпрацьовану сульфатну кислоту відновлюють у спеціальних печах до сульфур(IV) оксиду. Обчислити об'єм SO_2 , одержаного з такої кислоти ($w = 88$) масою 40 т .

Задача 24. До сульфатної кислоти масою 500 кг ($w = 85\%$) додали воду масою 30 кг . Обчислити масову частку кислоти в утвореному розчині.

Задача 25. Із колчедану масою 30 т , в якому масова частка сульфуру становить $42,4 \%$, контактним способом одержали сульфатну кислоту ($w = 100 \%$) масою $33,625 \text{ т}$. Обчислити вихід кислоти від теоретично можливого.

Задача 26. Внаслідок випалювання колчедану масою $3,2 \text{ т}$, в якому масова частка сульфуру становить 40% , одержали сульфур(IV) оксид масою $2,496 \text{ т}$. Обчислити ступінь перетворення сульфуру.

Задача 27. У печі за добу випалюють колчедан масою 30 т , у якому масова частка FeS_2 становиться $79,5 \%$. Кисень подають у піч з надлишком 60% від теоретично необхідної маси. Обчислити масу збагаченого киснем повітря, яке подають у піч за добу, враховуючи, що масова частка кисню в повітрі становить 23% .

Задача 28. Продуктивність одного агрегату виробництва сульфатної кислоти з флотаційного колчедану контактним методом з подвійним контактуванням – $1000 \text{ т/добу H}_2\text{SO}_4$ ($w = 100\%$). Ступінь перетворення SO_2 на SO_3 $\alpha = 0,997$. Обчислити масу SO_2 , який викидають в атмосферу за добу.

Задача 29. На заводі виробляють сульфатну кислоту з природної сірки за «короткою» схемою. Обчислити об'єм газу, що утвориться внаслідок спалювання сірки масою 1 т , в якій масова частка домішок становить $0,5$. У контактний апарат подають сірчистий газ, в якому масова частка SO_2 становить 8% .

Задачі до теми «Виробництво водню, азоту і кисню»

Задача 1. З природного газу Хрестищенського родовища, який містить метан ($\varphi = 91,36 \%$), методом високотемпературної конверсії було одержано

водень об'ємом 11200 м^3 . Обчислити об'єм використаного газу, видобутого за умов: $t = 22^\circ\text{C}$ і $P = 101,5 \text{ КПа}$, якщо в процесі утворилася сажа масою 450 кг , а виробничі втрати водню становлять $1,7\%$.

Задача 2. У виробництві водню використовують метод парової каталітичної конверсії метану, видобутого за $t = 15^\circ\text{C}$ і $P = 1,5 \text{ атм}$. Обчислити, які об'єми метану та водяної пари у відношенні $1 : 2,5$ потрібні для виробництва водню об'ємом 36500 м^3 , якщо виробничі втрати водню становлять $2,2 \%$.

Задача 3. У природному газі Дашавського родовища об'ємна частка метану становить $\varphi = 90 \%$. З видобутого за $t = 25^\circ\text{C}$ і $P = 1,15 \text{ атм}$ газу об'ємом 485000 м^3 методом крекінгу метану було одержано водень. Обчислити об'єм водню, який було поміщено в газгольдер, якщо виробничі втрати становлять $2,0\%$.

Задача 4. Обчислити об'єм повітря, в якому об'ємна частка N_2 становить $78,03 \%$, а O_2 – $20,99 \%$ (за умов: $t = 17^\circ\text{C}$ і $P = 752 \text{ мм рт. ст.}$), використаного для виробництва рідкого азоту методом ректифікації повітря за умов: $T_{\text{кип}} = 77,35^\circ\text{K}$ і $P = 5,5 \text{ мПа}$. Одержаним азотом заповнили 70 посудин Дьюара ємністю 30 л кожна. Обчислити об'єми одержаних інертних газів, враховуючи їх вміст у повітрі (%): $0,933 - \text{Ar}$; $1,06 \cdot 10^{-3} - \text{Ne}$; $4,6 \cdot 10^{-4} - \text{He}$, $8 \cdot 10^{-6} - \text{Xe}$ та $6 \cdot 10^{-18} - \text{Rn}$.

Задачі за темою «Виробництво амоніаку та нітратної кислоти»

Задача 1. В абсорбційну колону зі швидкістю $48500 \text{ м}^3/\text{год}$ подають нітрозний газ, у якому об'ємна частка NO_2 становить $9,5 \%$. Ступінь абсорбції NO_2 – $0,98$. Обчислити масу води, необхідну для абсорбції нітроген(IV) оксиду з нітрозного газу за 1 добу.

Задача 2. Продуктивність колони синтезу амоніаку – 75 т/год . Продуктивність каталізатора – $1400 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$. Об'ємна швидкість газу на вході в колону – 20000 год^{-1} . Обчислити об'єм каталізатора в колоні синтезу та витрати суміші газів за 1 добу.

Задача 3. За температури 773 К і тиску $3 \cdot 10^7 \text{ Па}$ ентальпія утворення амоніаку з азоту і водню дорівнює $\Delta H = -55,8 \text{ кДж/моль}$. Обчислити, скільки тепла виділиться у процесі синтезу амоніаку масою 25 т за таких самих умов.

Задача 4. Обчислити ентальпію утворення амоніаку (в кДж/кмоль) за температури 773 К і тиску $1 \cdot 10^8 \text{ Па}$, якщо внаслідок утворення в цих умовах амоніаку масою 1 кг виділяється теплота $4047,05 \text{ кДж}$.

Задача 5. Обчислити ступінь окиснення амоніаку у процесі виробництва нітратної кислоти масою 1000 т ($w = 100\%$) за добу. Для окиснення щогодини подають амоніачно-повітряну суміш об'ємом 135000 м^3 , об'ємна частка NH_3 у суміші становить 11,5%.

Задача 6. У процесі виробництва нітратної кислоти через холодильник-конденсатор продуктивністю 15,0 т/год HNO_3 , пропускають нітрозний газ, в якому об'ємна частка NO_2 становить 9,8 %. Ступінь абсорбції NO_2 – 0,98. Обчислити об'єм нітрозного газу, який пропускають через холодильник-конденсатор протягом години та за місяць.

Задача 7. Для окиснення $3850,0 \text{ м}^3/\text{год}$ амоніаку використовують $27880 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря. Обчислити коефіцієнт надлишку повітря та вміст амоніаку в амоніачно-повітряній суміші.

Задача 8. Продуктивність колони синтезу амоніаку – 1300 т/добу. Обчислити об'єми азоту і водню (за н. у.), необхідні для синтезу амоніаку протягом декади вересня, якщо виробничі втрати азоту становлять 3,8 %, а водню – 5,6 %.

Задача 9. У виробництві нітратної кислоти використовують нітрозний газ, у якому об'ємна частка NO становить 7%, а O_2 – 5%. Протягом 1 год газ об'ємом 20000 м^3 за умов: $T = 303 \text{ К}$ і $P = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ окиснюється на 90%. Ступінь абсорбції NO_2 – 0,79. Обчислити масу одержаної HNO_3 ($w = 48\%$).

Задача 10. У XVIII - XIX ст. нітратну кислоту виробляли, нагріваючи за високої температури суміш натрієвої селітри і сульфатної кислоти. Обчислити масу нітратної кислоти ($w = 65\%$), яку можна було одержати з натрієвої селітри масою 42,5 т, у якій масова частка домішок становить 5 %.

Задачі за темою «Виробництво мінеральних добрив»

Задача 1. У виробництві амонійної селітри ентальпія реакції нейтралізації амоніаку нітратною кислотою ($w = 52,5 \%$) становить $\Delta H = -106,09 \text{ кДж/моль}$. Обчислити масу води, яка випарується теплотою, виділеною внаслідок реакції нейтралізації амоніаку масою 250 кг. Ентальпія процесу пароутворення води $\Delta H = -2684 \text{ кДж/кг}$.

Задача 2. Обчислити вихід амонійної селітри, зважаючи, що для виробництва амоній нітрату масою 18700 кг використано розчин нітратної кислоти об'ємом 19724 л ($w = 57\%$, $\rho = 1351 \text{ кг/м}^3$).

Задача 3. Обчислити масу сульфатної кислоти й об'єм коксового газу, необхідних для одержання амоній сульфату масою 1000 кг, в якому вміст азоту становить 20,5 %. Об'ємна частка амоніаку в коксовому газі становить 1,12 %.

Задача 4. Потужність апарату для виробництва добрива амонійної селітри нейтралізацією амоніаку нітратною кислотою – 720 т/добу. Обчислити масу нітратної кислоти ($w = 50 \%$) і амоніаку ($w = 100 \%$) для виробництва добрива у трьох апаратах протягом місяця.

Задача 5. Цінне мінеральне добриво монтан-селітру $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ виробляють, пропускаючи амоніак крізь суміш нітратної та сульфатної кислот. Обчислити маси розчинів нітратної ($w = 63 \%$) та сульфатної ($w = 98 \%$) кислот, а також об'єм амоніаку, необхідних для виготовлення добрива масою 1500 т.

Задача 6. Складіть матеріальний баланс виробництва 1 т добрива з масовою часткою 78% амоній сульфату. Як сировину використано розчин сульфатної кислоти ($w = 75 \%$), амоніак ($w = 100 \%$). Втрати амоніаку становлять 1,5 %, а сульфатної кислоти – 1,0 %.

Задача 7. Обчислити маси натрій нітрату (NaNO_3), амоній сульфату $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, кальцій нітрату $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, що за вмістом азоту еквівалентні амоній селітрі NH_4NO_3 масою 1 т.

Задача 8. Амофос і діамфос (первинний та вторинний амоній фосфати) одержують нейтралізацією амоніаку ортофосфатною кислотою. Обчислити об'єми амоніаку, витраченого для утворення кожного з добрив масою по 1 т, якщо виробничі втрати амоніаку становлять 12%?

Задача 9. Обчислити витратні коефіцієнти сировини – апатитового концентрату, в якому масова частка $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ становить 85 %, і сульфатної кислоти ($w = 68 \%$) для виготовлення простого суперфосфату масою 1 т.

Задача 10. У виробництві кальцинованої соди після стадії карбонізації відібрали пробу соди масою 10 г і розчинили у воді. До утвореного розчину додали розчин аргентум нітрату, внаслідок реакції утворився осад масою 1,435 г. Обчислити масову частку (%) домішки натрій хлориду в соді. Записати рівняння реакції, на якому ґрунтується методика визначення вмісту натрій хлориду в соді.

Задача 11. Обчислити коефіцієнт надлишку α сульфатної кислоти у виробництві простого суперфосфату, якщо норма сульфатної кислоти становить 68 масових часток на 100 масових часток апатитового концентрату, в якому вміст P_2O_5 становить 39,4 %.

Електрохімічні виробництва

Згідно з першим законом М. Фарадея теоретичну масу речовини m_m обчислюють за формулою:

$$m_m = (I \cdot \tau \cdot E) / F = (I \cdot \tau \cdot E) / 26,8 = I \cdot \tau \cdot k,$$

де I – сила струму, А; τ – тривалість електролізу, год.; E – хімічний еквівалент речовини, г-екв; k – електрохімічний еквівалент речовини, г/(А · год); F – 26,8 А · год.

Отже, для виділення будь-якої речовини кількістю речовини 1 г-екв потрібно витратити однакову кількість електричного струму, яку називають **числом Фарадея** і позначають:

$$F = 96500 \text{ кулонів} = 26,8 \text{ А} \cdot \text{год} = 1 \text{ Фарадей.}$$

Електрохімічним еквівалентом речовини k називають масу речовини, яка виділяється на електродах протягом 1 год. внаслідок проходження через електроліт електричного струму силою 1 А:

$$k = M_r / (n \cdot F) = M_{\text{екв}} / 26,8 \text{ (г/(А} \cdot \text{год))},$$

де M_r – відносна молярна маса речовини, г; $M_{\text{екв}}$ – молярна маса хімічного еквівалента речовини, г-екв; n – заряд (абсолютне значення) йона, у вигляді якого речовина перебуває у розчині або розплаві.

Знаючи практичний вихід продукту у процесі електролізу і теоретично обчислену кількість за законами М. Фарадея, обчислюють **коефіцієнт корисної дії електричного струму, або коефіцієнт використання струму**:

$$\eta = m_{np} / m_m,$$

Обчислене та виражене у відсотках відношення маси продукту m_{np} , одержаної практично внаслідок електролітичного процесу, до маси продукту m_m , теоретично розрахованої згідно із законом М. Фарадея, називається **виходом за струмом η** :

$$\eta = (m_{np} / m_m) \cdot 100\% = (m_{np} \cdot 26,8 \cdot 100\%) / (I \cdot \tau \cdot E).$$

Найважливішим показником економічності електрохімічних процесів є витрата енергії у процесі електролізу на одиницю маси одержаного продукту. Фактично витрачена енергія W_{ϕ} визначається у кіловат-годинах на 1 кг і дорівнює

добутку кількості витраченої енергії в Ампер-годинах і напруги на електролізері у Вольтах:

$$W_{\phi} = (1 / k) \cdot (E_{\phi} / \eta) \cdot 100 \cdot 1000,$$

де k – електрохімічний еквівалент речовини, г/(А·год); E_{np} – середня робоча напруга на ванні, В; $1\,000$ – коефіцієнт для перерахунку Вт·год на кВт·год; η – вихід за струмом, %.

Обчислене та виражене у відсотках відношення теоретично обчисленої кількості електроенергії, необхідної для здійснення цього процесу, до фактично витраченої кількості електроенергії у процесі, називається **коефіцієнтом використання енергії**, або **виходом за енергією**:

$$\mu = (W_m / W_{\phi}) \cdot 100\%.$$

Теоретично необхідну енергію W_T обчислюють у кіловат-годинах на 1 кг виробленого продукту як добуток обчисленої теоретичної напруги на ванні, сили струму і тривалості процесу електролізу:

$$W_m = (E_m \cdot I\tau) / m_m = E_m / k ,$$

$$\mu = (E_m / E_{np}) \cdot \eta, (\%).$$

Теоретична напруга розкладання дорівнює алгебраїчній різниці рівноважних потенціалів анодної та катодної реакцій за даних умов.

$$E_m = (E_{a,p} - E_{к,p}).$$

де E_m – теоретична напруга на електродах ванни, В; $E_{a,p}$ – анодний рівноважний потенціал, В; $E_{к,p}$ – катодний рівноважний потенціал, В.

В умовах встановленої рівноваги процесу електролізу кожен із цих потенціалів рівний за величиною та протилежний за знаком до електродного потенціалу використаного електрода, який виникає під час занурення його у розчин або розплав відповідної солі. Рівноважні електродні потенціали обчислюють за рівняннями Нернста:

$$E_{к} = E_0 + RT/nF \cdot \ln C \text{ (або } \ln a) \quad \text{для катіона,}$$

$$E_{a.} = E_0 - RT/nF \cdot \ln C \text{ (або } \ln a) \quad \text{для аніона,}$$

де E_0 – нормальний електродний потенціал, В; R – газова стала, Дж/(кг·К); T – температура, К; n – заряд йона; F – число Фарадея; C – концентрація, г-екв/л; a – активність йона, г-йон/л.

Практично до ванни прикладається напруга $E_{пр} = E_{розкл}$, що складається з теоретичної напруги E_t і напруг, які витрачаються на подолання концентраційної поляризації $E_{кон}$, анодної E_a і катодної E_k перенапруг, а також на подолання омичних опорів електроліту, електродів, контактів і діафрагми ($\sum IR$)

$$E_{розкл} = E_{пр} = (E_{a,р} - E_{к,р}) + E_{кон} + (E_a - E_k) + \sum IR,$$

де $E_{a,р}$ – анодний рівноважний потенціал, В; $E_{к,р}$ – катодний рівноважний потенціал, В; R – опір, Ом. Це рівняння називають балансом напруги.

Задачі до теми «Електрохімічні процеси у виробництві»

Задача 1. Обчислити вихід за струмом і напругу розкладання в алюмінієвому електролізері, якщо протягом 10 діб отримано метал масою 5 т. Електролізер працює за сили струму 70 кА і напруги 4,6 В. Коефіцієнт використання енергії становить 50 %.

Задача 2. Теоретична напруга розкладання в електролізері діафрагмового типу – 2,3 В, вихід за струмом хлору становить 95 %, а вихід за енергією – 57,5 %. Обчислити теоретичну та практичну витрату електроенергії для одержання хлору масою 1 т, а також робочу напругу на ванні електролізера.

Задача 3. Обчислити, скільки ванн повинно бути у цеху рафінування міді $\Pi = 182,5$ тис. т/рік катодної міді, якщо ванни працюють за сили струму 12 кА. Вихід міді за струмом становить 96%. Коефіцієнт використання ванн – 0,96.

Задача 4. У контактну установку для виробництва синтетичного хлороводню подають сухий хлор ($w = 96,5\%$) та хімічно чистий осушений водень ($w = 98\%$). Надлишок водню становить 5%. Обчислити об'єми хлору і водню, використані для синтезу хлороводню масою 146 т, якщо виробничі втрати хлору становлять 3,2%, а водню – 6%.

Задача 5. На заводі медичних інструментів поверхню більшості виробів покривають шаром нікелю товщиною $5 \cdot 10^{-5}$ м, відновленого з електроліту NiSO_4 . Обчислити тривалість процесу електролізу, щоб утворити нікелеве покриття заданої товщини на пінцеті, площа поверхні якого – $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, $\rho_{\text{Ni}} = 8,9 \text{ т/м}^3$, а вихід за струмом – 96 %. Електролізер працює за сили струму 1,9 А.

Задача 6. З хлорного електролізера діафрагмового типу, який працює за сили струму 40 кА, протягом доби отримали розчин лугу об'ємом $10,6 \text{ м}^3$, в якому вміст NaOH становить 130 кг/м^3 . Обчислити вихід лугу за струмом.

Задачі до теми «Електротермічні процеси у виробництві»

Задача 1. Фосфор відновлюють за температури 1400-1600°C з фосфориту вуглецем за наявності силіцій(IV) оксиду. Обчислити маси фосфориту, в якому вміст кальцій фосфату становить 65 %, вугілля і піску (вмістом домішок – 5 % у кожному), необхідних для виробництва фосфору масою 1 т, якщо виробничі втрати фосфору становлять 3%.

Задача 2. Фосфор відновлюють за температури 1400-1600°C з фосфориту вуглецем за наявності силіцій(IV) оксиду. Обчислити виробничі втрати фосфору, якщо для виготовлення фосфору масою 10 т витрачають апатитову руду масою 100,25 т, у якій вміст P_2O_5 становить 28%.

Задача 3. Обчислити теоретичну витрату повітря, необхідного для спалювання рідкого фосфору масою 500 кг, в якому вміст домішок становить 0,98%. Вміст вологи у повітрі – 10%. Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,2$.

Задача 4. Обчислити витратні коефіцієнти сировини у виробництві кальцій карбиду, у якому вміст CaC_2 становить 92 % Як сировину використано антрацит, у якому вміст вуглецю – 95 %, і негашене вапно, у якому вміст CaO – 88 %.

Задачі до теми «Металургійні процеси»

Задача 1. В офлюсованому агломераті масова частка CaO становить 10 %, а SiO_2 – 12 %. Обчислити масу вапняку, який необхідно додати до агломерату масою 1000 т, щоб зв'язати залишковий силіцій оксид у кальцій силікат. Масова частка $CaCO_3$ у вапняку – 92 %.

Задача 2. Обчислити об'єм карбону (II) оксиду (н. у.), необхідний для повного відновлення заліза із гематиту масою 3200 т. Обчислити масу коксу, необхідну для утворення такого об'єму газоподібного відновника. Масова частка вуглецю у коксі становить 90 %.

Задача 3. Для одержання якісної сталі у розплав додають алюмінієві виливанці. Запишіть рівняння хімічних реакцій, які відбуваються у процесі плавлення, та обчисліть масу алюмінію, необхідну для зменшення масової частки кисню від 0,1 до 0,008 % у сталі масою 50 т.

Задача 4. Обчислити масу гетиту $2Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$, необхідного для плавлення чавуну масою 1000 кг ($w_{Fe} = 93 \%$). З руди у чавун відновлюється 97 % феруму. Вміст порожньої породи в руді становить 30 %.

Задача 5. Обчислити об'єм кисню (за н. у.), необхідного для окиснення домішок у чавуні масою 1000 т, якщо у виплавленій сталі масові частки домішок зменшилися: карбону – з 4,5 до 0,35 %, силіцію – з 1,6 до 0,2 %, марганцю – з 1,8 до 0,4 %.

Задача 6. Обчислити масу сидериту FeCO_3 , необхідного для плавлення чавуну масою 1000 кг ($w_{\text{Fe}} = 94 \%$). З руди у чавун відновлюється 97 % феруму. Вміст порожньої породи в руді становить 29 %.

Задача 7. Обчислити масу лимоніту $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, необхідного для плавлення чавуну масою 1000 кг ($w_{\text{Fe}} = 94 \%$). З руди у чавун відновлюється 97 % феруму. Вміст порожньої породи в руді становить 32 %.

Задача 8. Обчислити масу чавуну ($w_{\text{Fe}} = 93 \%$), виплавленого з котунів, виготовлених протягом 30 днів на установці потужністю 2500 т/добу. Масова частка Fe_3O_4 в котунах становить 87 %, втрати феруму у процесі плавлення чавуну – 2 %.

Задача 9. Доменний газ, у якому об'ємна частка CO становить 27 %, CO_2 – 11 %, N_2 – 59 %, H_2 – 2,6 %, CH_4 – 0,4 %, спалюють у повітрянагрівачі з надлишком повітря 20 %. Обчислити об'єм повітря (за н.у.), необхідний для спалювання доменного газу об'ємом 10000 м³.

Задача 10. Доменний газ, у якому об'ємна частка CO становить 28 %, CO_2 – 10 %, N_2 – 59 %, H_2 – 1,7 %, CH_4 – 0,3 %, спалюють у повітрянагрівачі з надлишком повітря 20 %. Обчислити якісний і кількісний склад газу, який виходить з повітрянагрівача.

Задача 11. У мартенівській печі ємністю 250 тонн здійснюють 4 плавки за добу. Частка бракованих виливків з кожної плавки становить у середньому 2 %. Тривалість гарячих і холодних ремонтів печі становить 7 % річного часу. Обчислити продуктивність печі за 1 місяць і за 1 рік.

Задача 12. У конверторному цеху є два кисневі конвертори продуктивністю 400 т/год кожний. Обчислити масу шихти для 1-єї плавки тривалістю 40 хв. Обчислити річну продуктивність цеху, якщо частка бракованих виливків за рік становить у середньому 8 %, а цех працює 330 днів у році.

Задача 13. Обчислити масу сталі ($w_{\text{Fe}} = 93 \%$), яку можна виплавити методом прямого відновлення в електропечах з металізованих котунів масою 1000 т, у яких масова частка феруму становить 70,29 %.

Задача 14. Обчислити масу гематиту, необхідного для плавлення чавуну масою 2500 кг ($w_{\text{Fe}} = 93 \%$). З руди у чавун відновлюється 97 % феруму. Вміст порожньої породи в руді становить 28 %.

Задача 15. Обчислити річну продуктивність агломераційної машини на 1 м² площі спікання, якщо протягом доби машина з агломераційною стрічкою, площа якої – 262 м², виробляє агломерат масою 3700 т.

Задача 16. Обчислити масу магнетиту, необхідного для плавлення чавуну масою 1500 кг ($w_{\text{Fe}} = 95 \%$). З руди у чавун відновлюється 97 % феруму. Вміст порожньої породи в руді становить 25 %.

Задача 17. Обчислити масу ферум (II) оксиду, використаного для процесу дефосфоризації чавуну масою 1200 т. Початкова масова частка фосфору в чавуні становила 0,5 %, а в одержаній сталі масова частка фосфору – 0,001%. Вихід сталі у процесі плавлення мартенівським способом – 90% від маси чавуну.

Задача 18. Обчислити річну продуктивність конвертора у виливках, якщо за 1 раз у конвертор завантажують шихту масою 250 т. Тривалість плавки – 45 хв, а масова частка бракованих виливків становить 5%. Конвертор працює протягом 320 діб у році.

Задача 19. Середня швидкість процесу окиснення карбону в сталі у мартенівській печі ємністю 900 тонн становить 0,2% від маси розплаву за 1 год. Обчислити об'єм кисню (за н. у.), необхідний для цього процесу, що триває 7 год.

Задача 20. Річний план мартенівського цеху – 1345 тис. т сталі. Масова частка чавуну у складі шихти становить 63%. Вихід сталі з шихти – 90%. Обчислити річні витрати брехту і руди, якщо масове відношення їх у шихті становить 2 : 1.

Задача 21. Площа поду мартенівської печі ємністю 250 тонн – 75 м², у печі здійснюють 4 плавки за добу. Частка бракованих виливків з кожної плавки становить у середньому 2 %. Обчислити інтенсивність печі – знімання сталі за добу з одиниці площі.

Задача 22. У відбивній печі для плавлення міді ванна має довжину 60 м, ширину 10 м і глибину 1,5 м. Обчислити кількість листів міді ($\rho = 8,96 \text{ г/см}^3$) розміром 1250×1000×2 (мм), яку можна виготовити за рік роботи печі. Обчислити інтенсивність печі за добу (з 1 м² поду).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ІНСТРУКЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота і практичний досвід є вагомим внеском у підготовку інженерів і дослідників з метою набуття необхідного вміння у науковій роботі: відточення майстерності вимірювання та аналізу. Крім того, виконання лабораторних робіт використовується як метод викладання, який дає можливість студентам/студенткам переконатися в достовірності й реалізації наукових принципів під час виконання експериментів і досліджень.

Мета цих методичних рекомендацій – навчити студентів/студенток застосовувати теоретичні знання з хімічної технології під час виконання конкретних лабораторних робіт, для аналізу та оцінки результатів експерименту і складення письмового звіту, який має допомогти студентам/студенткам навчитися писати наукові звіти, а також нормативну технологічну документацію.

Приступаючи до виконання лабораторних занять у лабораторії, студент/студентка повинні знати правила безпеки і дотримуватися їх, а також використовувати чіткі інструкції виконання лабораторної роботи.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. Усі дослідницькі роботи у навчальній лабораторії студенти/студентки повинні виконувати лише з дозволу та під безпосереднім керівництвом викладача/викладачки.

2. Студенти/студентки повинні виконувати лише рекомендовані викладачем/викладачкою дослідження, використовуючи для цього реактиви у кількостях, вказаних у методичних рекомендаціях або інструкції.

3. У хімічній лабораторії студенти/студентки повинні виконувати будь-яку роботу, будучи вдягненим у халат. За потреби необхідно використовувати гумові рукавички, респіратори та інші індивідуальні засоби захисту.

4. Довге волосся має бути акуратно заплетене у косу чи зачесане так, аби запобігти його займанню під час роботи з відкритим вогнем.

5. Під час виконання дослідів слід підтримувати порядок на робочому місці, акуратно працювати зі скляним посудом (залишки розбитого посуду прибирати за допомогою щітки і совка).

6. Хімічний посуд має бути ретельно вимитий, не можна виконувати дослідження у брудному посуді.

7. Усі дослідження з леткими, отруйними і токсичними речовинами, а саме: амоніаком, хлором, бромом, йодом, карбон(II) оксидом, оксидами нітрогену,

воднем, гідроген сульфідом тощо, з концентрованими лугами та кислотами, а також легкозаймистими речовинами виконувати у витяжній шафі з ввімкненою тягою (та засобами гасіння пожежі, за потреби).

8. Уважно читати написи на етикетках, не використовувати реактиви та розчини з концентраціями, не вказаними в інструкції.

9. Тверді реактиви із загальних посудин набирати спеціальними шпателями.

10. Рідкі реактиви наливати, не нахилиючись над посудиною, щоб уникнути можливого потрапляння краплинок рідини на обличчя та одяг.

11. Концентровані кислоти для приготування розведених розчинів необхідно лити у воду, а не навпаки.

12. Під час нагрівання пробірки з реакційною сумішшю її отвір необхідно спрямувати у бік від себе і товаришів.

13. Для визначення запаху речовини отвір посудини потрібно тримати за 25-30 см від обличчя та рухом долоні спрямовувати повітря від посудини з речовиною до себе, але не вдихати глибоко.



14. Гарячі пробірки і тиглі можна класти лише на кахлі або спеціальні підставки з термостійких матеріалів.

15. Відпрацьовані реактиви треба зливати або збирати у спеціально призначений посуд.

16. Суворо забороняється виносити з лабораторії посуд і реактиви.

17. По завершенні виконання експерименту чи досліду необхідно ретельно помити хімічний посуд і прибрати під витяжною шафою та на робочому столі.

Перша допомога у випадку хімічних отруєнь

Агресивні та отруйні речовини	Рекомендовані дії
Газуваті речовини	
Амоніак	Свіже повітря і спокій. У момент втрати свідомості – штучне дихання.
Карбон(II) оксид	Свіже повітря і спокій. Якщо дихання слабе, вдихати кисень.
Рідкі речовини	
Розчин амоніаку	Пити розчин оцтової кислоти дуже малої концентрації або лимонний сік. Викликати блювоту, застосувати рослинну олію або яєчний білок.
Перманганати	Пити воду, викликати блювоту.
Мінеральні кислоти	Після отруєння через стравохід полоскати рот водою і розчином з масовою часткою 5% натрій гідрокарбонату. Випити молоко, суспензію магній оксиду (10 г магній оксиду в 150 мл води) або рослинну олію.

Під час роботи у хімічній лабораторії суворо ЗАБОРОНЕНО:



Їсти в лабораторії і пити воду з хімічного посуду та лабораторних кранів.



Брати реактиви руками і пробувати їх на смак.



Самовільно зливати або змішувати реактиви.



Набирати однією й тією самою ложкою (шпателем) або піпеткою різні реактиви.



Зливати або зсипати надлишок узятого реактиву назад у посудину, з якої його взято.



Залишати відкритим посуд з реактивами.



Міняти корки та піпетки від різних посудин.



Залишати неприбраними реактиви, які випадково розсипалися чи розлилися.



Зливати або висипати реактиви, шматочки металів, кальцій карбиду, зливати концентровані кислоти і луги, етери, в'язкі речовини у раковину.

Перша допомога у випадку опіків

У кожній лабораторії повинна бути аптечка першої допомоги з необхідним набором лікарських засобів.

1. У випадку термічних опіків уражене місце треба негайно промити розчином з масовою часткою 1% калій перманганату і покласти компрес із спиртового розчину таніну, чи змастити емульсією від опіків.

2. Місце опіку кислотою на шкірі спочатку добре промивають водою, а потім розчином натрій гідроген карбонату для нейтралізації реактиву. Якщо на шкіру потрапила концентрована сульфатна кислота, перед промиванням пошкоджену шкіру необхідно витерти сухим ватним тампоном.

3. Місце опіку лугом на шкірі спочатку добре промивають водою, а потім розчином з масовою часткою 1% оцтової чи лимонної кислоти, або насиченим розчином боратної кислоти.

4. Місце опіку їдкими речовинами, зокрема фенолом, бромом тощо, на шкірі спочатку добре промивають водою та відповідними органічними розчинниками – етером, етиловим спиртом тощо.

5. Після потрапляння фенолу на шкіру уражене місце спочатку промивають водою, а потім розведеним розчином амоніаку.

6. Після потрапляння луку чи кислоти в очі необхідно промити їх теплою водою, а потім розчином з масовою часткою 2% боратної кислоти (щоб нейтралізувати луг) або розчином з масовою часткою 1% натрій гідрогенкарбонату (щоб нейтралізувати кислоту).

7. Якщо випари хлору або броду потрапили у дихальні шляхи, потрібно вийти з лабораторії і подихати свіжим повітрям.

8. Після порізу рану необхідно обробити розчином гідроген пероксиду чи спиртовим розчином йоду та перев'язати.

9. Після надання першої допомоги потерпілому, його терміново необхідно скерувати до лікаря.

Оформлення звіту про виконану лабораторну роботу

Лабораторну роботу як невелике дослідження (експеримент) можна спланувати за такою логічною схемою:

1. Постановка мети і конкретних завдань експерименту.
2. Визначення об'єкта і предмета дослідження.
3. Вибір методів для виконання дослідження.
4. Вибір методики виконання дослідження.
5. Опис реального процесу дослідження. Порядок виконання експерименту.
6. Належні розрахунки.
7. Аналіз та обговорення результатів дослідження.
8. Формулювання висновків на підставі одержаних результатів.

Мета лабораторної роботи:

- визначити об'єкт і предмет дослідження;
- дослідити умови одержання та властивості конкретного об'єкта дослідження – готового продукту;
- встановити причиново-наслідкові зв'язки умов одержання та властивості конкретного готового продукту;
- освоїти методи дослідження об'єкта.

Як визначаються об'єкт і предмет дослідження?

Об'єкт це процес або явище, що породжують проблемну ситуацію і обрані для вивчення. Предмет це те, що міститься в межах об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове.

Висновки – послідовна, логічно обґрунтована інтерпретація отриманих результатів і їх відповідність поставленим меті й конкретним завданням лабораторної роботи. Важливо встановити причиново-наслідкові зв'язки отриманих результатів з умовами дослідження, закономірності визначення властивостей об'єкта дослідження і їх залежності від технологічних параметрів, охарактеризувати переваги та недоліки використаних методів дослідження.

Крім того, у висновках на підставі отриманих результатів сформулювати підсумки та власні аргументовані практичні рекомендації, узагальнену оцінку виконаної роботи, а також зазначити набуті вміння та навички і перелік конкретних сформованих фахових компетентностей.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ

Мета роботи

Набути практичні навички хімічного аналізу якості води та очищення води хімічними методами у технології водопідготовки.

Обладнання та хімічний посуд:

1.	Терези аналітичні (технічні)	1
2.	Шафа сушильна	1
3.	Електроплитка	1
4.	Водяна баня	1
5.	Ексикатор	1
6.	Штатив з бюретками	3
7.	Стакани хімічні ($V =$	3
8.	Піпетки, ($V = 5$)	2
9.	Піпетки, ($V = 10$)	3
10.	Піпетки, ($V = 100$)	2
11.	Мірні циліндри ($V = 20$)	2
12.	Мірні циліндри ($V = 100$)	2
13.	Колба конічна ($V = 250\text{см}^3$)	6
14.	Колба мірна ($V = 100$)	2
15.	Лійки	6
16.	Крапельниці для розчинів індикаторів	2
17.	Чашки фарфорові	3
18.	Годинникове скло	3
19.	Груша гумова	6
20.	Фільтрувальний папір	

Реактиви:

1.	Розчин HCl ($C = 0,1 \text{ н}$)	50 мл
2.	Розчин NaOH ($C = 0,1 \text{ н}$)	26 мл
3.	Розчин Na_2CO_3 ($C = 0,1 \text{ н}$)	26 мл
4.	Розчин KMnO_4 ($C = 0,01 \text{ н}$)	10 мл
5.	Розчин $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ($C = 0,01 \text{ н}$)	10 мл
6.	Розчин H_2SO_4 ($w = 30\%$),	10 мл
7.	Дистильована вода	1000 мл
8.	Силікагель для ексикатора	
9.	Індикатори: метилоранж, фенолфталеїн	

Теоретичні відомості

Вода, яку використовують у виробництві повинна відповідати таким стандартам якості, щоб уникнути негативного впливу на перебіг процесів, обладнання та продукцію. Залежно від галузі промисловості діють різні вимоги до води, наприклад, у харчовій промисловості вимоги до води є особливо високими, оскільки воду використовують безпосередньо у харчових продуктах. Вимоги до води, яку використовують у фармацевтичній галузі промисловості є надзвичайно високими, адже воду використовують для виробництва лікарських засобів.

У хімічній галузі промисловості використовують воду в значних об'ємах для підготовки сировини, розчинення речовин і безпосередньо для здійснення хімічних процесів. Вода, яку використовують для технологічних або теплотехнічних потреб, має відповідати жорстким вимогам щодо вмісту в ній розчинених солей та інших речовин, механічних домішок, колоїдних часточок і мікроорганізмів, які можуть зашкодити перебігу хімічних процесів, або утворювати накип і шлам, призводити до корозії матеріалів, з яких виготовлені апарати, котли, труби та інше технологічне обладнання.

Воду перш за все знезаражують і очищають. Вона має бути прозорою, безбарвною, без запаху та смаку і містити максимально обмежену кількість домішок. Норми якості води встановлено відповідним Державним стандартом ДСТУ 7525:2014.

Розрізняють **тимчасову, сталу та загальну жорсткість** води.

Тимчасова (карбонатна) жорсткість зумовлена наявністю у воді розчинних гідрогенкарбонатів кальцію та магнію, яких легко позбутися кип'ятінням води.



Стала (некарбонатна) жорсткість зумовлена вмістом у воді розчинних хлоридів, сульфатів і нітратів кальцію та магнію, які не перетворюються на нерозчинні солі під час кип'ятіння. Тимчасова і стала жорсткості в сумі складають загальну жорсткість води.

Жорсткість води вимірюють у мілімоль-еквівалентів йонів кальцію чи магнію, які містяться у складі солей у воді об'ємом 1 дм³. Жорсткість води не повинна перевищувати встановлену норму 6,4 ммоль екв/дм³.

Окиснюваність води – це умовний показник, що характеризує забруднення води різними речовинами органічного та неорганічного походження (H₂S, Fe²⁺,

NO₂⁻), здатними окиснюватися, і визначають його як масу кисню, витраченого на окиснення цих речовин, що містяться у воді об'ємом 1 дм³. Згідно з вимогами Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4-171-10) перманганатна окиснюваність не повинна перевищувати 5 мг кисню O₂ у воді об'ємом 1 дм³.

Залежно від хімічної природи речовин є окиснюваність *дихроматна* та *перманганатна*. Для визначення загальної кількості органічних речовин (і неорганічних речовин – відновників), наявних у воді, зокрема й тих, що окиснюються повільно, використовують показник – дихроматна окиснюваність води. Практично всі органічні домішки окиснюють сильним окисником калій дихроматом у концентрованій сульфатній кислоті під час кип'ятіння. Дихроматна окиснюваність води вважається одним з основних екологічних кількісних показників якості води у водоймах.

Для визначення перманганатної окиснюваності води у м'яких умовах як окисник використовують розчин калій перманганату у кислотному середовищі (окиснюються лише легкоокиснювані органічні та неорганічні речовини).

Титр розчину окисника відомої концентрації еквівалентів визначають як масу кисню в мг у цьому розчині об'ємом 1 см³ і обчислюють за формулою:

$$T_{\text{ок-відн}} = 8 \cdot C_E,$$

де C_E – концентрація еквівалентів окисника, **8** – маса 1 еквіваленту кисню ($C_E = 1$ н розчину окисника еквівалентна масі активного кисню – 8 мг/см³).

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначення жорсткості води

Пом'якшення та знесолення води – основні операції водопідготовки, суть яких полягає у видаленні солей кальцію, магнію та інших металів.

1.1. Карбонатну (тимчасову) жорсткість аналізованої води об'ємом 100 см³ визначають титруванням 0,1 н кислотою HCl з індикатором метилоранжем до зміни його забарвлення на рожеве.

Карбонатну жорсткість (ммоль-екв/дм³) обчислюють за формулою:

$$Ж_K = \frac{V_1 \cdot C_{E \text{ к-ти}}}{V_2} \cdot 1000,$$

де V_1 – об'єм HCl , використаної для титрування, см^3 ;

$C_{\text{ек-ти}}$ – концентрація еквівалентів кислоти;

$V_2 = 100$ – об'єм проби води для аналізу, см^3 .

1.2. Визначення загальної жорсткості натронно-содовим методом

Пробу аналізованої води об'ємом 100 см^3 кип'ятять протягом 5-10 хв для видалення карбон(IV) оксиду. До проби води з мірного циліндра доливають суміш 0,1 н розчину NaOH і 0,1 н розчину Na_2CO_3 об'ємом по $12,5 \text{ см}^3$ кожного (загальним об'ємом 25 см^3) і ще кип'ятять протягом 5-10 хв для осадження нерозчинних солей кальцію та магнію. Після охолодження реакційну суміш разом із осадом кількісно переносять у мірну колбу вмістом 250 см^3 і доводять до мітки дистильованою водою. Осад відфільтровують. Піпеткою відбирають пробу фільтрату об'ємом 100 см^3 і титрують 0,1 н кислотою HCl за наявності метилоранжу. Паралельно виконують «холостий» дослід: до проби дистильованої води об'ємом 100 см^3 додають суміш 0,1 н розчину NaOH і 0,1 н розчину Na_2CO_3 об'ємом по $12,5 \text{ см}^3$ кожного (загальним об'ємом 25 см^3) і титрують 0,1 н кислотою HCl за наявності метилоранжу.

Результати записують у таблицю.

V_0	V_1	V_2	V_3	V_4	J_k	J_z	J_n

де V_1 – об'єм мірної колби, см^3 ;

V_2 – об'єм аналізованої води см^3 ;

V_3 – об'єм фільтрату, см^3 ;

V_4 – об'єм HCl , використаної для титрування аналізованого розчину, см^3 ;

V_0 – об'єм HCl , використаної у холостому досліді, см^3 ;

$C_{\text{ек}}$ – концентрація еквівалентів HCl .

Загальну жорсткість води (ммоль екв/ дм^3) обчислюють за формулою:

$$J_z = \frac{(V_0 - V_1/V_3 \cdot V_4) \cdot C_{\text{ек}} \cdot 1000}{1000 \cdot V_2} \cdot 1000.$$

Враховуючи, що $C_{\text{ек}} = 0,1$ а $V_1 = 250 \text{ см}^3$, $V_2 = 100 \text{ см}^3$, $V_3 = 100 \text{ см}^3$, отримуємо спрощену формулу для обчислення загальної жорсткості води:

$$J_z = (V_0 - 2,5 \cdot V_4).$$

1.3. Некарбонатну (сталу) жорсткість обчислюють як різницю між загальною і карбонатною жорсткістю:

$$Ж_{\text{н}} = Ж_{\text{з}} - Ж_{\text{к}}.$$

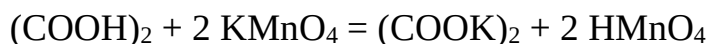
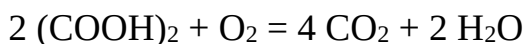
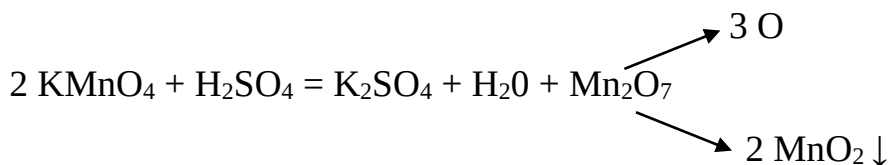
2. Визначення окиснюваності води

Окиснюваність води характеризується масою у мг кисню, потрібного для окиснення органічних речовин, що містяться у воді об'ємом 1 дм³.

Окиснюваність води має становити не більше 3 мг/дм³ (за киснем).

Для виконання аналізу відміряють піпеткою пробу аналізованої води об'ємом 100 см³, поміщають її в конічну колбу вмістом 250 – 300 см³ і додають розчин H₂SO₄ об'ємом 5 см³ (w = 30%). Піпеткою відміряють 0,01 н розчин КМnО₄ об'ємом 10 см³, доливають його у конічну колбу до суміші води з кислотою і перемішують. Воду з доданими реагентами, накривши колбу годинниковим склом, кип'ятять протягом 10 хв. Після охолодження реакційної суміші в колбу піпеткою додають 0,01 н розчин щавлевої кислоти об'ємом 10 см³ і добре перемішують до знебарвлення суміші. Надлишок щавлевої кислоти титрують 0,01 н розчином КМnО₄ до появи світло-рожевого забарвлення, стійкого протягом 1-2 хв.

Хімічні процеси описуються такими рівняннями реакцій:



Окиснюваність води **A** визначають у мг кисню в 1 дм³ води, обчислюють за формулою:

$$A = 1000/100 \cdot [(V + V_1) \cdot 8 C^1_{\text{E}} - 8 V_2 \cdot C^2_{\text{E}}],$$

де **V** – об'єм (см³) розчину КМnО₄, долитого до аналізованої води об'ємом 100 см³;

V₁ – об'єм розчину КМnО₄, витраченого на зворотне титрування надлишку щавлевої кислоти, см³;

V₂ – об'єм щавлевої кислоти, долитої до аналізованої води, см³;

C^1_E , C^2_E – концентрація еквівалентів $KMnO_4$ і щавлевої кислоти, відповідно.

Оскільки $V = V_2 = 10 \text{ см}^3$, а $C^1_E = C^2_E = 0,01$, обчислюють окиснюваність води за формулою:

$$A = 0,8 \cdot V_1.$$

3. Визначення вмісту карбон(IV) оксиду

У природні води CO_2 потрапляє з атмосферного повітря, внаслідок дихання рослин, водоростей і тварин, розкладання органічних решток тощо. Перевищення норми вмісту CO_2 не лише порушує функціонування водних екосистем, а й спричинює аварійні ситуації у промисловому обладнанні.

У конічну колбу відміряють пробу аналізованої води об'ємом 200 см^3 , додають краплинами спиртовий розчин фенолфталеїну ($w_{\text{фф.}} = 1 \%$, $w_{\text{сп.}} = 60 \%$) і злегка перемішують, не збовтуючи, для запобігання насичення води повітрям.

Якщо вода залишилася безбарвною, її титрують $0,1 \text{ н}$ розчином $NaOH$ до появи ледь помітного, але тривалого малинового забарвлення, яке свідчить, що CO_2 у воді нема. Під час титрування розчин у колбі обережно обертають, не збовтуючи, щоб уникнути розчинення у воді CO_2 з повітря.

Вміст CO_2 у воді (мг/дм^3) обчислюють за формулою:

$$C = E \cdot V_1 \cdot C_E \cdot 1000 / V,$$

де $E = 44$ – молярна маса еквіваленту вільного CO_2 ;

C_E – концентрація еквівалентів $NaOH$;

V_1 – об'єм розчину $NaOH$, витраченого на титрування, см^3 ;

$V = 200$ – об'єм проби аналізованої води, см^3 .

4. Визначення загального вмісту солей

Загальний вміст солей у воді визначають як масу сухого твердого залишку, утвореного внаслідок випарювання води, що свідчить про наявність у воді як мінеральних, так і частково органічних домішок, які не розкладаються у процесі нагрівання до температури 105°C .

У прожарену, охолоджену та зважену фарфорову чашку відміряють пробу аналізованої води об'ємом 30 см^3 . На водяній бані воду випарюють до твердого залишку. Чашку з твердим залишком поміщають у сушильну шафу і за температури 105°C висушують до сталої маси. Перед кожним зважуванням чашку охолоджують в ексикаторі.

Загальний вміст солей (мг/дм^3) обчислюють за формулою:

$$X = (m - m_0) \cdot 1000 / V,$$

де m_0 і m – маса порожньої фарфорової чашки та маса чашки із сухим твердим залишком, мг;

$V = 30$ – об'єм проби аналізованої води, см³.

Висновки.

Контрольні запитання і завдання:

1. Як відбувається колообіг води у природі, та які його основні елементи?
2. За якими показниками визначають якість води?
3. Для яких цілей в хімічній технології використовується вода?
4. Які вимоги ставлять до води, яку використовують у промисловості як теплоносії?
5. Призначення і зміст основних операцій водопідготовки.
6. У чому полягає суть методу визначення окиснюваності води?
7. Перелічіть хімічні методи пом'якшення води. Напишіть рівняння реакцій, які відбуваються внаслідок додавання до жорсткої води різних реагентів.
8. Розрахувати тимчасову, сталу та загальну жорсткість води, у 3 л якої міститься 7 г CaCl₂, 2 г MgSO₄ і 1,5 г Ca(HCO₃)₂. Скільки потрібно 0,1 н. розчину NaOH і 0,5 н розчину Na₂CO₃ для пом'якшення 5 м³ такої води?
9. З якою метою використовують водооборотні цикли в промисловості?
10. Хімічний склад стічних вод і методи їх очищення.
11. У чому полягає суть біохімічних і фізико-хімічних методів очищення стічних вод?
12. Хімічні методи очищення стічних вод і необхідне промислове обладнання для їх застосування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ ЙОННОГО ОБМІНУ

Мета роботи

Набути практичні навички очищення води одним із сорбційних методів у технології водоочищення і водопідготовки – методом йонного обміну.

Обладнання та хімічний посуд:

1.	Йонообмінні колонки	2
2.	Терези технічні	1
3.	Електроплитка	1
4.	Бюретки	2
5.	Конічні мірні колби ($V = 100 \text{ см}^3$)	3
6.	Конічні мірні колби ($V = 250 \text{ см}^3$)	3
7.	Піпетки ($V = 10 \text{ см}^3$)	2
8.	Мірний циліндр ($V = 100 \text{ см}^3$)	1
9.	Лійка скляна	1
10.	Крапельниці для індикаторів	3
11.	Груша гумова	1
12.	Фільтрувальний папір.	

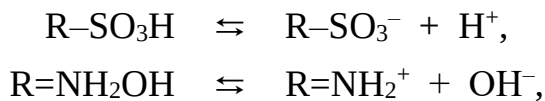
Реактиви:

1.	Дистильована вода	2000 мл
2.	Розчин AgNO_3 ($C = 0,1 \text{ н}$)	100 мл
3.	Розчин K_2CrO_4 ($w = 10 \%$)	20 мл
4.	Амоніачний буферний розчин	100 мл
5.	Розчин трилону Б ($C = 0,1 \text{ н}$)	100 мл
6.	Індикатори: метилоранж, фенолфталеїн, хромоген темно-синій (мурексид, еріохром синьо-чорний Б або еріохром чорний Т).	

Теоретичні відомості

Йонообмінні процеси використовують здебільшого для знесолення та опріснення природних або стічних вод із загальним вмістом солей 0,2-3,0 г/л і органічних речовин <10 чи 10-30 мг/л (за киснем, перманганатної окиснюваності). Крім того, метод йонного обміну застосовують для вилучення зі стічних вод цінних органічних речовин: фенолів, альдегідів, ПАР, антибіотиків тощо.

Для очищення води методом йонного обміну використовують йонообмінні смоли (йоніти). Органічний синтетичний йоніт – це високомолекулярний каркас, до якого приєднані йоногенні групи, здатні у водних розчинах дисоціювати на йони:



де R-SO_3^- , R=NH_2^+ – частина макромолекулярного каркасу йоніту, еквівалентна одній йоногенній групі.

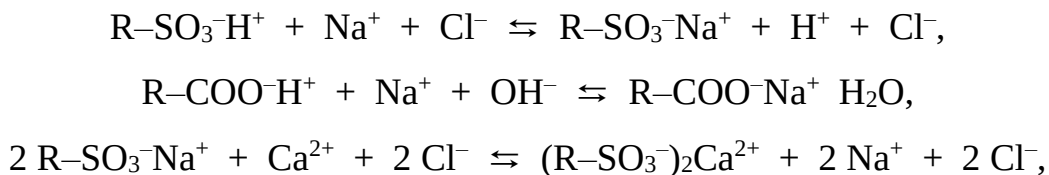
Катіоніти містять функціональні групи кислотного характеру: $-\text{COOH}$, $-\text{PO}_3\text{H}_2$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{OH}$ (фенольний) тощо.

Аніоніти містять функціональні групи основного характеру: $\equiv\text{S}^+$, $\equiv\text{N}^+$, $=\text{NH}_2^+$, $-\text{NH}_3^+$, $-(\text{CH}_3)_3\text{N}^+$ тощо.

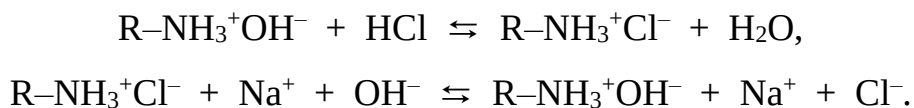
Катіоніти, у яких активними є йони H^+ , позначають як Н-катіоніти або Н-форма катіоніту, якщо ж активні йони Na^+ , позначають як Na-форма (або «сольова» форма). Для аніонітів використовують, відповідно, позначення ОН-аніоніти або ОН-форма аніоніту чи Cl-форма (або «сольова» форма).

Приклади реакцій йонного обміну, які відбуваються під час контакту набряклого йоніту з водними розчинами електролітів.

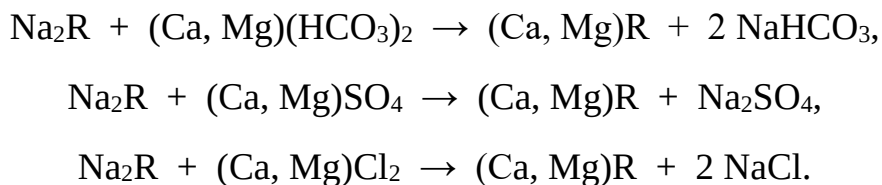
Обмін катіонів:



Обмін аніонів:



Процес йонного обміну в жорсткій воді можна описати такими рівняннями:



Чим більше функціональних груп у йоніті, тим більша його поглинальна здатність. Однією з основних фізико-хімічних характеристик йонітів є кількість катіонів чи аніонів, яку може поглинути певна кількість йоніту, – **обмінна ємність** (або **ємність поглинання**), що у промислових умовах визначається у г-екв/м³ йоніту в динамічних умовах або у г-екв./кг йоніту у статичних умовах.

ЙОНООБМІННА УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Для очищення води методом йонного обміну використовують установку, що складається з катіонообмінника та аніонообмінника, схему якої зображено на рис. 1.

Катіонообмінник і аніонообмінник – це скляні колонки, заповнені катіонітом на висоту до 30-40 см, а аніонітом – до 15-20 см.

До початку роботи йоніти у колонках промивають дистильованою водою об'ємом $\approx 1000 \text{ см}^3$. Ефективність промивання катіоніту перевіряють метилоранжем, а аніоніту – фенолфталеїном.

Рис. 1. Схема йонообмінної установки для пом'якшення води:

а – катіонообмінник;

б – аніонообмінник;

1 – скляна колонка

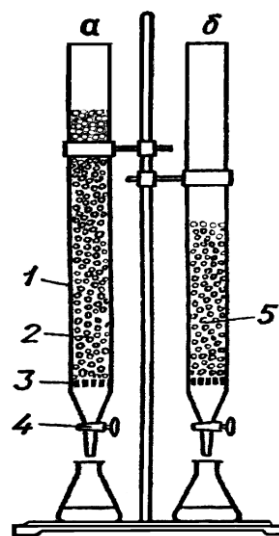
(трубка $l = 60-80 \text{ см}$ і $d = 3-3,5 \text{ см}$);

2 – катіоніт;

3 – дірчасте дно;

4 – кран;

5 – аніоніт.



МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У воді, призначеній для пом'якшення і знесолювання, визначити жорсткість комплексометричним методом і вміст йонів хлору аргентометричним методом.

Через підготовлену колонку з катіонітом пропустити досліджувану воду об'ємом 350-400 мл. 1/3 частину об'єму аналізованої води злити, а решту витримати в колонці протягом 5 хв. Далі, регулюючи краном 4 швидкість пропускання води, відібрати 3 проби пом'якшеної води однакового об'єму для визначення жорсткості.

Пом'якшену воду об'ємом 100-150 мл за такою самою схемою і з такою ж швидкістю пропустити через колонку з аніонітом і теж відібрати 3 проби очищеної води однакового об'єму для визначення вмісту йонів хлору.

Отримані результати аналізу води до і після очищення порівняти, щоб визначити ефективність методу йонного обміну.

1. Визначення вмісту йонів Cl^- у воді

Вміст йонів Cl^- у воді визначають титруванням розчином аргентум нітрату за наявності калій хромату як індикатора. В розчині відбуваються такі реакції:



Насамперед утворюється і випадає в осад менше розчинний AgCl , а потім починає утворюватися більше розчинний цегляно-червоний Ag_2CrO_4 . Закінчення реакції зв'язування йонів Cl^- катіонами аргентуму фіксують за появою цегляно-червоного забарвлення реакційної суміші внаслідок утворення Ag_2CrO_4 .

Для визначення вмісту йонів Cl^- в конічні колби ємністю 100 см^3 піпеткою відібрати три проби води об'ємом 10 см^3 , в кожену долити розчин калій хромату ($w = 10\%$) об'ємом 1 см^3 і титрувати розчином аргентум нітрату з концентрацією $0,1 \text{ н}$ до появи цегляно-червоного забарвлення реакційної суміші. Відзначити об'єм розчину аргентум нітрату, витраченого на титрування.

Вміст йонів хлору C (мг/дм^3) у досліджуваній воді обчислити за формулою:

$$C = C_E \cdot V_1 \cdot m_E \cdot 1000 / V_2,$$

де V_1 – об'єм розчину AgNO_3 витраченого на титрування, см^3 ;

C_E – концентрація еквівалентів розчину AgNO_3 , ммоль-екв/дм^3 ;

m_E – маса еквівалента хлору, мг-екв ;

V_2 – об'єм проби досліджуваної води для титрування, см^3 .

Результати експерименту записати у таблицях.

Вміст йонів хлору C (мг/дм^3) у досліджуваній неочищеній воді:

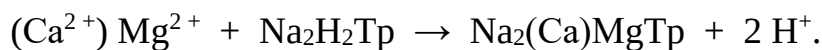
№ колби	V_2	V_1	C_E	C
1				
2				
3				

Вміст йонів хлору C (мг/дм^3) у досліджуваній воді після очищення:

№ колби	V_2	V_1	C_E	C
1				
2				
3				

2. Визначення жорсткості води

Загальну жорсткість води визначають комплексометричним методом, що полягає в утворенні комплексних сполук йонів кальцію і магнію з трилоном Б – натрій етилендіамінотетраацетатом. Схему реакції у загальному вигляді можна записати так:



Щоб реакція комплексоутворення відбулася до кінця, потрібно зв'язати заміщені йони гідрогену, тому до аналізованого розчину додають буферну суміш розчинів амоній гідроксиду та амоній хлориду. Для титрування використовують індикатори хромоген темно-синій, еріохром синьо-чорний Б, еріохром чорний Т або мурексид, які за $\text{pH} = 7-11$ утворюють забарвлені речовини з йонами Ca^{2+} і Mg^{2+} .

Для виконання аналізу в конічні колби ємністю 250 см^3 відібрати три проби досліджуваної води об'ємом 100 см^3 , в кожную додати буферний розчин об'ємом 5 см^3 , 5-6 крапель розчину індикатора хромогену темно-синього та повільно титрувати розчином трилону Б до зміни забарвлення індикатора з вишнево-червоного на синє із зеленкуватим відтінком.

Загальну жорсткість води Ж_3 (ммоль-екв/дм³) обчислити за формулою

$$\text{Ж}_3 = V_1 \cdot C_1 \cdot 1000 / V_2,$$

де V_1 – об'єм розчину трилону Б, витраченого на титрування, см^3 ;

C_1 – концентрація еквівалентів розчину трилону Б, ммоль-екв/дм³;

V_2 – об'єм проби води для титрування, см^3 .

Результати експерименту записати у таблицях.

Жорсткість досліджуваної неочищеної води:

№ колби	V_2	V_1	C_1	Ж_3
1				
2				
3				

Жорсткість досліджуваної води після пом'якшення:

№ колби	V_2	V_1	C_1	Ж_3
1				
2				
3				

Висновки.

Контрольні запитання і завдання:

1. Йонообмінні процеси у природі. Галузі застосування йонітів.
2. Неорганічні йоніти і їхні переваги.
3. Способи отримання синтетичних йонообмінних смол. Вплив ступеня зшивання синтетичних йонообмінних смол на їхні властивості.
4. Аніоніти і катіоніти.
5. Які активні групи існують на поверхні катіонітів і аніонітів?
6. Фіксований йон, протиіон і їхні функції у процесі йонного обміну.
7. На які групи поділяють йоніти за природою матриці, зовнішнім виглядом, ступенем дисперсності, пористості та за типом і знаком протиіонів?
8. Обмінна ємність йонітів. Повна та рівноважна обмінна ємність. Фактори, які впливають на обмінну ємність.
9. Особливості статичної та динамічної ємності йонітів.
10. Залежність обмінної ємності від рН середовища для йонітів різних типів.
11. До якого типу реакцій належать реакції йонного обміну? Перечисліть стадії процесу йонного обміну.
12. Чому для повного знесолення води необхідно застосовувати і катіоніти, і аніоніти?
13. Чому для регенерації катіоніту використовують розчин натрій хлориду та воду?
14. Статичні та динамічні умови йонного обміну.
15. Напишіть рівняння реакцій, які відбуваються у процесі катіонного та аніонного обміну.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3
ОДЕРЖАННЯ ТА АНАЛІЗ МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА
АМОНІЙ СУЛЬФАТУ

Мета роботи

Набути практичні навички синтезу солі амоній сульфату, аналізу сировини й готового продукту, а також обчислення виходу солі та складання матеріального балансу змодельованого технологічного процесу виробництва азотного добрива.

Обладнання та хімічний посуд:

1.	Установка для отримання $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1
2.	Терези технічні	1
3.	Електроплитка	1
4.	Лійка Бюхнера з колбою	1
5.	Штатив з бюретками	4
6.	Мірний циліндр ($V = 500 \text{ см}^3$)	1
7.	Мірний циліндр ($V = 200 \text{ см}^3$)	1
8.	Піпетка ($V = 10 \text{ см}^3$)	3
9.	Піпетка ($V = 50 \text{ см}^3$)	2
10.	Піпетка ($V = 100 \text{ см}^3$)	1
11.	Колба конічна ($V = 250 \text{ см}^3$)	5
12.	Колба конічна ($V = 1 \text{ дм}^3$)	1
13.	Колба мірна ($V = 100 \text{ см}^3$)	2
14.	Колба мірна ($V = 250 \text{ см}^3$)	2
15.	Лійка скляна	2
16.	Ексикатор	1
17.	Годинникове скло	2
18.	Груша гумова	2
19.	Фільтрувальний папір	

Реактиви:

1.	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (кристалічна)	200 г
2.	Розчин NH_4OH ($w = 15\%$)	500 мл
3.	Розчин NaOH ($C = 0,5 \text{ н}$)	100 мл
4.	Розчин NaOH ($C = 0,1 \text{ н}$)	100 мл
5.	Розчин H_2SO_4 ($C = 1 \text{ н}$)	100 мл
6.	Розчин H_2SO_4 ($C = 0,5 \text{ н}$)	100 мл
7.	H_2SO_4 концентрована ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$)	50 мл
8.	Дистильована вода	500 мл
9.	Індикатори: метилоранж	

Теоретичні відомості

Амоній сульфат $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ використовують як амонійне добриво. Це добриво у перерахунку на суху речовину містить 20,8 – 21% N_2 . Як найменш гігроскопічне азотне добриво, його додають до гігроскопічної амоніачної селітри для зменшення її злежування. Крім того, амоній сульфат широко застосовують для обробки шкіри на підприємствах у галузі легкої промисловості.

Амоній сульфат отримують поглинанням амоніаку сульфатною кислотою.

Існує два способи виробництва амоній сульфату: мокрий та сухий. Суть сухого способу – реакція розбризканої через форсунку сульфатної кислоти з газоподібним амоніаком у сталевій камері. Виділене внаслідок екзотермічної реакції тепло сприяє випаровуванню, внесеної з кислотою вологи, і в камері утворюється готовий продукт – сіль амоній сульфат у вигляді сухої дрібнокристалічної сипкої речовини.

Найпоширенішим є так званий мокрий спосіб одержання $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – нейтралізація сульфатної кислоти газоподібним амоніаком, який барботують крізь сульфатну кислоту ($w_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 75\text{-}78\%$):



Внаслідок реакції амоніаку із сульфатною кислотою спочатку розчин насичується амоній сульфатом, а потім частина солі кристалізується з пересиченого розчину. Кристали солі відфільтровують, а маточний розчин знову повертають у реактор, де він змішується із сульфатною кислотою ($w = 75\text{-}78\%$). Готовий продукт має бути розсипчастий, під час зберігання не злежуватися і не перетворюватися на суцільну брилу.

Якщо в маточному розчині вміст кислоти – понад 10-12%, сіль $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ утворюється у вигляді дрібних кристалів, які швидко злежуються. Розмір кристалів залежить від концентрації кислоти і вмісту в реакторі до 8% вільної H_2SO_4 , а також чітко дотриманого температурного режиму процесу – близько 60°C . Крупнокристалічний $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ злежується менше. Готовий продукт повинен містити не більше ніж 0,3-0,4% вільної H_2SO_4 і 1,5-2% вологи.

УСТАНОВКА ДЛЯ СИНТЕЗУ АМОНІЙ СУЛЬФАТУ

Схему установки для синтезу $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ наведено на рис. 1.

Установка складається з колби з розчином амоніаку **1**, розміщеного у водяній бані **8** реактора **2** з гумовими корками, у які вставлені трубки для підведення та виведення газу та водяної пари і термометром, аспіратора **6** для відбирання об'єму газопарової суміші в поглинальні колби **4** і **5** з метою визначення вмісту NH_3 у газопаровій суміші.

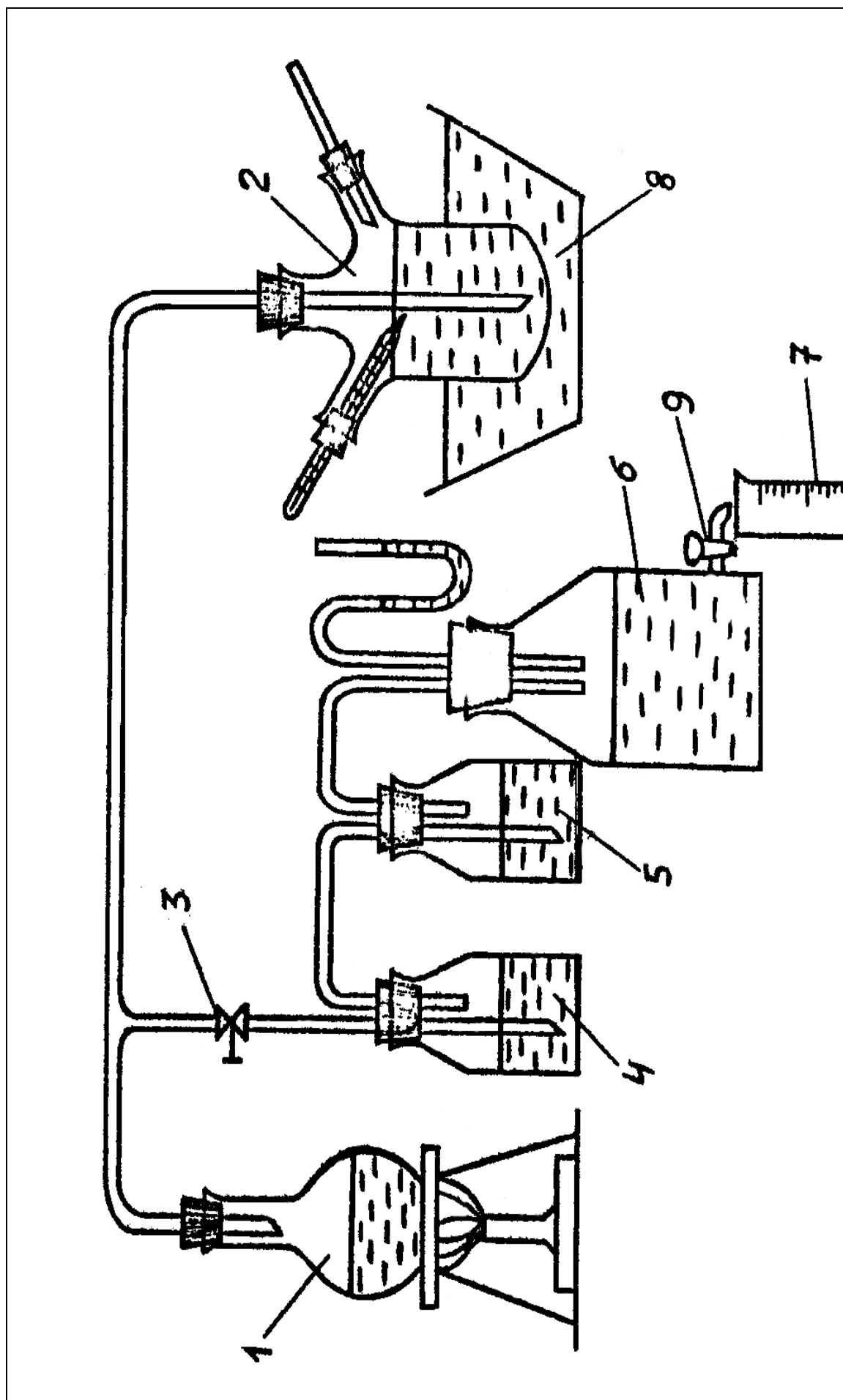


Рис. 1. Схема установки для синтеза амоній сульфату.

1 – колба з розчином амоніаку; 2 – реактор; 3, 9 – крани; 4,5 – поглинальні колби з 1 н. розчином H_2SO_4 ; 6 – аспіратор; 7 – мірний циліндр; 8 – водяна баня.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Аналіз початкових матеріалів і продуктів синтезу $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Приготувати насичений розчин амоній сульфату. До насиченого розчину $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ об'ємом 480 см^3 додати концентрований розчин сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) об'ємом 20 см^3 і визначити вміст H_2SO_4 в утвореному маточному розчині за методикою, описаною у розділі 1.1, а також вміст $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ за методикою, описаною у розділі 2.3.

У зв'язку з тим, що в процесі одержання солі в лабораторних умовах в атмосферу виділяється значна кількість газоподібного NH_3 , а також з метою Пришвидшення реакції вміст H_2SO_4 у маточному розчині становить 4-8%.

Приготований маточний розчин $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ з H_2SO_4 об'ємом $V_{\text{м.р.}}$ $100\text{-}140 \text{ см}^3$ налити в реактор 2.

Аналізований за описаною у розділі 1.2 методикою початковий розчин NH_4OH об'ємом $V_{\text{NH}_4\text{OH}}$ 300 мл налити у колбу 1 місткістю 500 см^3 і нагрівати до кипіння. Амоніак має надходити у реактор 2 з колби 1, у якій внаслідок нагрівання розкладається водний розчин NH_4OH ($w_{\text{NH}_3} = 10\text{-}15\%$). За допомогою термометра уважно спостерігати за зміною температури розчину (не вище 60°C) в реакторі 2 і охолоджувати його за потреби у водяній бані 8. Температуру води у бані необхідно підтримувати в межах інтервалу $50\text{-}60^\circ\text{C}$.

Процес триває до того часу, поки у реакторі утвориться густа суспензія $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Під час процесу, використовуючи аспіратор, у поглинальні колби відібрати газо-парову суміш об'ємом 3 л для аналізу за методикою, описаною у розділі 1.3.

Суспензію з реактора кількісно перенести у попередньо зважену фільтрувальну лійку Бюхнера та відфільтрувати. Вологу кристалічну сіль зважити на технічних вагах і аналізувати за методиками, описаними у розділах 2.1 і 2.2.

Виміряти об'єм фільтрату $V_{\text{ф}}$ для аналізу. Виміряти об'єм розчину NH_4OH після завершення реакції $V'_{\text{NH}_4\text{OH}}$ з колби 1 і для обчислення матеріального балансу процесу аналізувати його за методикою, описаною в розділі 1.2.

1.1. Визначення вмісту H_2SO_4 в розчині з амоній сульфатом (у маточному розчині та у фільтраті)

З маточного розчину $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ відібрати піпеткою аліквоту об'ємом 10 см^3 і перенести у мірну колбу місткістю 100 см^3 . Дистильованою водою довести розчин до мітки у колбі та добре перемішати. З одержаного розчину відібрати

аліквоту об'ємом 10 см^3 , перенести в конічну колбу, додати дистильовану воду об'ємом 100 см^3 і 1-2 краплі індикатора метилоранжу. Титрувати 0,5 н. розчином NaOH до зміни забарвлення індикатора з рожевого на помаранчеве. Вміст NaOH у 0,5 н. розчині лугу об'ємом 1 см^3 відповідає вмісту $0,0245 \text{ г}$ H_2SO_4 в розчині об'ємом 1 см^3 . Вміст H_2SO_4 у розчині (г/дм^3) обчислити за формулою:

$$C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{a \cdot 0,0245 \cdot 1000 \cdot 100}{10 \cdot 10} = a \cdot 24,5 ;$$

де **a** – об'єм 0,5 н. розчину NaOH, використаного для титрування розчину H_2SO_4 , см^3 .

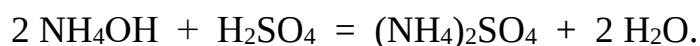
Масу H_2SO_4 в маточному розчині та фільтраті обчислити за формулою:

$$M'_{\text{H}_2\text{SO}_4} = C_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{м.р.}}, \quad M''_{\text{H}_2\text{SO}_4} = C_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{ф}},$$

де $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – вміст H_2SO_4 у розчині, г/дм^3 ; $V_{\text{м.р.}}$ – об'єм маточного розчину $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, дм^3 ; $V_{\text{ф}}$ – об'єм фільтрату $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, дм^3 .

1.2. Визначення вмісту амоніаку у водному розчині NH_4OH (до та після реакції)

Із колби з розчином NH_4OH відібрати піпеткою аліквоту об'ємом 10 см^3 і перенести у мірну колбу місткістю 100 см^3 . Дистильованою водою довести розчин до мітки у колбі та добре перемішати. З одержаного розчину відібрати аліквоту об'ємом 10 см^3 , перенести в конічну колбу, додати дистильовану воду об'ємом 100 см^3 і 1-2 краплі індикатора метилоранжу. Титрувати 1 н. розчином H_2SO_4 до зміни забарвлення індикатора.



Вміст NH_4OH у початковому розчині в колбі (г/дм^3) обчислити за формулою:

$$C_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{b \cdot 0,035 \cdot 1000 \cdot 100}{10 \cdot 10} = b \cdot 35 ;$$

де **b** – об'єм 1 н. розчину H_2SO_4 , використаного для титрування, см^3 ; **0,035** – вміст NH_4OH в розчині об'ємом 1 см^3 , що відповідає вмісту H_2SO_4 в 1 н. розчині кислоти об'ємом 1 см^3 , г .

Масу NH_4OH у колбі **1** обчислити за формулою:

$$M'_{\text{NH}_4\text{OH}} = C_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot V_{\text{NH}_4\text{OH}},$$

де $C_{\text{NH}_4\text{OH}}$ – вміст NH_4OH у розчині, г/дм^3 ; $V_{\text{NH}_4\text{OH}}$ – об'єм розчину NH_4OH , дм^3 .

Використовуючи молекулярні маси NH_4OH і NH_3 , обчислити масу M_{NH_3} .
Аналогічно визначити M'_{NH_3} у розчині, що залишився після закінчення реакції.

1.3. Визначення вмісту амоніаку в поглинальних посудинах і фільтраті

Для визначення маси амоніаку $M_{(4,5)\text{NH}_3}$, поглинутого у процесі синтезу $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ у поглинальних посудинах **4** і **5**, до крана **3** приєднати заповнені 1 н. розчином H_2SO_4 поглинальні посудини **4** і **5**. У посудину **4** залити розчин об'ємом 100 см^3 , а в посудину **5** – об'ємом 50 см^3 , і додати до кожної краплями метилоранж. Відкривши кран **9** аспіратора **6**, у мірну склянку **7** спустити воду і в такий спосіб у поглинальні посудини відібрати газопарову суміш об'ємом 1-3 дм³. Після зміни у посудині **4** забарвлення індикатора з рожевого на помаранчеве крани **3** і **9** закрити. Розчини з обох поглинальних посудин кількісно перенести в конічну колбу та визначити об'єм $V_{\text{п.п.}}$ утвореного розчину. Відібрати аліквоту об'ємом 10 см^3 і, залежно від кольору, титрувати надлишок кислоти 0,5 н. розчином NaOH , або надлишок NH_4OH титрувати 0,5 н. розчином H_2SO_4 .

Вміст H_2SO_4 в 1 н. розчині кислоти об'ємом 1 см^3 (або NaOH у 0,5 н розчині) відповідає 0,017 г амоніаку. Масу поглинутого амоніаку (г) після титрування розчином NaOH обчислити за формулою:

$$M_{(4,5)\text{NH}_3} = (10 \cdot C^1_{\text{E}} - c \cdot C^2_{\text{E}}) \cdot 0,017;$$

а після титрування розчином кислоти H_2SO_4 – за формулою:

$$M_{(4,5)\text{NH}_3} = (10 \cdot C^1_{\text{E}} + c \cdot C^2_{\text{E}}) \cdot 0,017;$$

де c – об'єм 0,5 н. розчину H_2SO_4 , або 0,5 н. розчину NaOH , використаних на титрування, см^3 ; **10** – об'єм аліквоти 1 н. розчину H_2SO_4 , злитого з поглинальних посудин **4** і **5** см^3 ; C^1_{E} – концентрація еквівалентів кислоти у посудинах **4** і **5**, $C^1_{\text{E}} = 1$; C^2_{E} – концентрація еквівалентів NaOH або H_2SO_4 , витрачених на титрування, $C^2_{\text{E}} = 0,5$.

Аналогічно визначити масу амоніаку $M_{\text{фNH}_3}$ у фільтраті.

Обчислити масу амоніаку M_{NH_3} , витраченого для реакції з H_2SO_4 .

2. Аналіз готового продукту

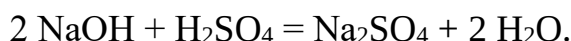
Вміст $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в одержаній солі та фільтраті визначати за методикою, описаною у розділі 2.1, а вміст H_2SO_4 – за методикою, описаною у розділі 1.1.

2.1. Визначення вмісту амоній сульфату в готовому продукті

Для визначення вмісту амоній сульфату на попередньо зваженому годинниковому склі зважити сіль масою 5 г. Сіль через лійку добре змити зі скла

у мірну колбу місткістю 250 см³. Скло та лійку сполоскати дистильованою водою в ту ж колбу, долити воду до мітки у колбі та добре перемішати (розчин № 1).

З одержаного розчину відібрати аліквоту об'ємом 50 см³, перенести в мірну колбу місткістю 500 см³ і дистильованою водою довести об'єм до мітки у колбі (розчин №2). З аналітичного розчину № 2 відібрати аліквоту об'ємом 10 см³ і перенести в конічну колбу місткістю 200-300 см³ та додати дистильовану воду об'ємом 100 см³. Для нейтралізації наявної у готовому продукті кислоти одержаний розчин титрувати 0,1 н. розчином NaOH за наявності індикатора метилоранжу до появи помаранчевого забарвлення (зміна забарвлення метилоранжу відбувається за pH = 3,8). До вже титрованого розчину з бюретки додати 0,1 н. розчин NaOH об'ємом 50 см³. Розчин кип'ятити до зменшення об'єму на одну третину, охолодити і титрувати 1 н. розчином H₂SO₄ за наявності метилоранжу. У процесі відбуваються такі реакції:



Вміст амоній сульфату в розчині №1 (г/дм³) обчислити за формулою:

$$C_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \frac{(50 \cdot C_{\text{E NaOH}} - d \cdot C_{\text{E H}_2\text{SO}_4}) \cdot 0,066 \cdot 1000 \cdot 500}{50 \cdot 10},$$

де **d** – об'єм 1 н. розчину H₂SO₄, витраченого на зворотне титрування, см³; **C_{E NaOH}**, **C_{E H₂SO₄}** – концентрація еквівалентів лугу та кислоти; **0,066** – вміст амоній сульфату, що відповідає вмісту H₂SO₄ в 1 н. розчині об'ємом 1 см³, г.

Вміст амоній сульфату у вологому продукті (%) обчислити за формулою:

$$X = \frac{C_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \cdot 250}{g \cdot 1000} \cdot 100,$$

де **C_{(NH₄)₂SO₄}** – вміст (NH₄)₂SO₄ у розчині №1, г/дм³; **250** – об'єм розчину №1, см³; **g** – маса наважки вологої солі для приготування розчину №1, г.

Масу амоній сульфату **M_{(NH₄)₂SO₄}** у готовому продукті (г) обчислити за формулою:

$$M_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \frac{X \cdot (A_1 - A_0)}{100},$$

де **X** – вміст (NH₄)₂SO₄ у вологому продукті (у %); **A₀** – маса лійки Бюхнера зі зволженим паперовим фільтром, г; **A₁** – маса лійки Бюхнера з фільтром і вологою сіллю, г.

2.2. Визначення кислотності готового продукту $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Аліквоту розчину №1 (одержаного за методикою, описаною у розділі 2.1) об'ємом 100 см^3 відібрати піпеткою у конічну колбу, додати кілька крапель метилоранжу і титрувати 0,5 н. розчином NaOH до зміни забарвлення індикатора з рожевого на помаранчеве.

Кислотність готового продукту K (%) обчислити за формулою:

$$K = \frac{e \cdot 0,0245 \cdot 250 \cdot 100}{g \cdot 10},$$

де e – об'єм використаного для титрування 0,5 н. розчину NaOH, см^3 ; g – маса вологої солі для приготування розчину №1, г; **0,0245** – вміст H_2SO_4 , що відповідає вмісту NaOH у 0,5 н. розчині об'ємом 1 см^3 , г; **250** – об'єм розчину №1, см^3 .

Обчислити масу кислоти $M_{\text{H}_2\text{SO}_4}$, витраченої для реакції з амоніаком.

2.3. Визначення вмісту $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (у маточному розчині та фільтраті)

Відфільтрувати кристалічну сіль амоній сульфату, об'єм фільтрату виміряти мірним циліндром.

Аналізований маточний розчин об'ємом 10 см^3 (фільтрат об'ємом 10 см^3) перенести в мірну колбу місткістю 100 см^3 , дистильованою водою довести об'єм до мітки у колбі та добре перемішати. Із розведеного розчину піпеткою відібрати аліквоту об'ємом 10 см^3 , перенести в конічну колбу місткістю 250 см^3 і додати дистильовану воду об'ємом 100 см^3 . За наявності метилоранжу (для нейтралізації кислоти) розчин титрувати 0,1 н. розчином NaOH до появи жовтого забарвлення. До вже титрованого розчину з бюретки додати 0,1 н. розчин NaOH об'ємом 50 см^3 . Розчин кип'ятити до зменшення об'єму на одну третину, охолодити і титрувати 1 н. розчином H_2SO_4 (для нейтралізації лугу) до появи рожевого забарвлення.

Вміст амоній сульфату (г/дм^3) обчислити за формулою:

$$C_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \frac{(50 \cdot C_{\text{E NaOH}} - n \cdot C_{\text{E H}_2\text{SO}_4}) \cdot 0,066 \cdot 1000 \cdot 100}{10 \cdot 10},$$

де n – об'єм 1 н. розчину H_2SO_4 , витраченого на титрування NaOH, см^3 ; $C_{\text{E NaOH}}$, $C_{\text{E H}_2\text{SO}_4}$ – концентрації еквівалентів розчинів лугу та кислоти; **0,066** – вміст $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, що відповідає вмісту H_2SO_4 в 1 н. розчині об'ємом 1 см^3 , г/см^3 .

Масу $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ у маточному розчині (г) обчислити за формулою:

$$M'_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = C_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{м.р.}},$$

де $C_{(NH_4)_2SO_4}$ – вміст $(NH_4)_2SO_4$ у маточному розчині, г/дм³; $V_{м.р}$ – об'єм розчину, дм³.

Аналогічно визначити $M''_{(NH_4)_2SO_4}$ у фільтраті (V_f).

3. Визначення вологості продукту

Вологість готового продукту визначити висушуванням 4-5 г солі (m) у фарфоровій чашці за температури 105-120°C до сталої маси (m_1).

4. Обчислення матеріального балансу процесу одержання солі амоній сульфату

Матеріальний баланс – матеріальне підтвердження закону збереження маси речовин, згідно з яким у будь-якій замкненій системі маса речовин – реагентів дорівнює масі речовин, утворених внаслідок хімічної реакції.

Матеріальний баланс технологічного процесу – обчислення маси речовин, які подають у реактор, тобто сировини – ($\Sigma m_{сировини}$), дорівнює масі одержаних речовин, тобто продуктів – ($\Sigma m_{продуктів}$):

$$\Sigma m_{сировини} = \Sigma m_{продуктів}$$

Матеріальний баланс на 1000 кг амоніаку

Введено			Виведено		
Компоненти	кг	%	Компоненти	кг	%
H ₂ SO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄ NH ₃			H ₂ SO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄ NH ₃ можливі втрати		
Разом			Разом		

Для обчислення матеріального балансу процесу синтезу амоній сульфату за амоніаком, сульфатною кислотою чи сіллю $(NH_4)_2SO_4$ потрібні початкові дані та результати експерименту, наведені у таблиці.

		m, г
(NH ₄) ₂ SO ₄ в готовому продукті (за методикою у розділі 2.1)	m _{(NH₄)₂SO₄}	
(NH ₄) ₂ SO ₄ в одержаній солі, % (за методикою у розділі 2.1)	X	
(NH ₄) ₂ SO ₄ у маточному розчині (за методикою у розділі 2.3)	m' _{(NH₄)₂SO₄}	
(NH ₄) ₂ SO ₄ у фільтраті (за методикою у розділі 2.3)	m'' _{(NH₄)₂SO₄}	
H ₂ SO ₄ у маточному розчині (за методикою у розділі 1.1)	m' _{H₂SO₄}	
H ₂ SO ₄ у фільтраті (за методикою у розділі 1.1)	m'' _{H₂SO₄}	
H ₂ SO ₄ в одержаній солі (за методикою у розділі 2.2)	K	
H ₂ SO ₄ , витраченої для реакції з амоніаком	m _{H₂SO₄}	
амоніаку в початковому розчині NH ₄ OH (розділ 1.2)	m' _{NH₃}	
амоніаку в розчині NH ₄ OH після реакції (розділ 1.2)	m'' _{NH₃}	
амоніаку, поглинутого у посудинах 4 і 5 (розділ 1.3)	m _{NH₃(4,5)}	
амоніаку у фільтраті (за методикою у розділі 1.3)	m _{NH₃(ф)}	
амоніаку, витраченого для реакції з H ₂ SO ₄	m _{NH₃}	
		m, г
масу фільтрувальної лійки Бюхнера зі зволоженим паперовим фільтром (розділ 2.1)	A₀	
масу фільтрувальної лійки Бюхнера з фільтром і вологою сіллю (розділ 2.1)	A₁	
		V, см³
маточного розчину солі (розділ 1)	V _{м.р.}	
фільтрату (розділ 1)	V _ф	
початкового розчину NH ₄ OH (розділ 1)	V _{NH₄OH}	
розчину NH ₄ OH, що залишився після закінчення реакції (розділ 1)	V' _{NH₄OH}	
розчину з обох поглинальних посудин (розділ 1.3)	V _{р-ну в п.п.}	

Висновки.

Контрольні запитання і завдання для підготовки до лабораторної роботи

1. Промислові способи отримання амоній сульфату і галузі його застосування.
2. Схема та принцип дії лабораторної установки для отримання амоній сульфату.
3. Обґрунтуйте основні технологічні параметри процесу.
4. Мета і суть методів аналізу реагентів для отримання амоній сульфату.
5. Мета і суть методів аналізу готових продуктів у процесі одержання амоній сульфату.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Підсумковий контроль знань здійснюють у кінці 1-го семестру складанням заліку, а під кінець 2-го семестру – складанням екзамену.

До екзамену допускаються студенти/студентки, які мають необхідний рівень поточних знань.

Екзамен проводиться в письмовій формі за складеними на основі програми курсу завданнями, які мають однаковий рівень складності.

Екзаменаційні завдання затверджуються на засіданні кафедри за місяць до початку сесії.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ

1. Як класифікують хімічні виробництва у хімічній промисловості?
2. За якими критеріями класифікують хіміко-технологічні процеси?
3. Що таке технологічний процес? Як і за якими критеріями класифікують технологічні процеси?
4. Зміст поняття і суть технологічного процесу.
5. З яких основних стадій складається технологічний процес?
6. Зміст поняття «технологічна схема процесу». Які є типи технологічних схем виробництва?
7. Які технологічні критерії ефективності технологічного процесу?
8. Промислово-технологічні розрахунки для здійснення технологічного процесу.
9. За якими ознаками класифікують сировину в хімічній промисловості?
10. Що таке вторинні матеріальні ресурси?
11. Які способи добування сировини використовують у гірничодобувній галузі промисловості?
12. Якими є операції попередньої підготовки сировини?
13. У чому полягає суть процесу збагачення сировини?
14. Методи збагачення сировини та відповідне обладнання.
15. Які функції повітря в хімічній промисловості?
16. Які функції палива та енергії у здійсненні технологічних процесів?
17. Основні види енергетичних ресурсів, перспективи їх використання.
18. Вторинні енергетичні ресурси, їх значення для економії палива та енергії.
19. Які альтернативні види енергії та способи їх виробництва вам відомі?

20. Які причини забруднення біосфери?
21. За якими ознаками класифікують промислові забруднення біосфери?
22. Основні методи очистки промислових стоків і їх апаратурне оформлення.
23. Основні методи очистки промислових викидів і їх апаратурне оформлення.
24. Основні методи переробки промислових відходів і їх апаратурне оформлення.
25. Основні методи знешкодження промислових відходів і їх апаратурне оформлення.
26. У чому полягає важливе значення хімічної технології у захисті біосфери?
27. Чи можна повністю виключити відходи в організації технологічних процесів?
28. За якими ознаками класифікують природні води?
29. Чим відрізняється склад домішок в атмосферній та ґрунтових водах?
30. За якими показниками визначають якість води?
31. Які функції в хімічних технологіях виконує вода?
32. Вимоги до води, яку використовують у промисловості як теплоносії.
33. Значення і зміст основних операцій водопідготовки.
34. Хімічні методи пом'якшення води.
35. У чому полягає суть методу визначення окиснюваності води?
36. Стічні води та методи їх очищення.
37. У чому полягає суть біохімічних методів очищення стічних вод?
38. Хімічні методи очищення стічних вод і необхідне промислове обладнання.
39. Фізико-хімічні методи очищення стічних вод і необхідне промислове обладнання.
40. Значення йонообмінних процесів у природі. Галузі застосування йонітів.
41. Неорганічні йоніти і їхні переваги.
42. Способи одержання синтетичних йонообмінних смол.
43. Аніоніти і катіоніти. Активні групи катіонітів і аніонітів.
44. Фіксований йон, протиіон і їхні ролі у процесі йонного обміну.
45. На які групи поділяють йоніти за природою матриці, зовнішнім виглядом, ступенем дисперсності, пористості й за типом і знаком протиіонів?
46. Обмінна ємність йонітів. Повна та рівноважна обмінна ємність. Фактори, які впливають на обмінну ємність.
47. Залежність обмінної ємності від рН середовища для йонітів різних типів.
48. Статичні та динамічні умови проведення йонного обміну.
49. У чому полягає зміст електродіалізу і які галузі його застосування? Які конструкційні особливості електродіалітичних апаратів?

50. Які типи йонообмінних мембран і їхні фізико-хімічні властивості ви знаєте?
51. Деструктивні методи знешкодження стічних вод і необхідне промислове обладнання.
52. Основні напрямки науково-технічного прогресу в галузі охорони водних ресурсів.
53. З якою метою використовують водооборотні цикли в промисловості?
54. Технологічний режим і його параметри.
55. Технологічний процес та умови досягнення його рівноваги.
56. Якісне та кількісне визначення стану рівноваги технологічних процесів.
57. Суть поняття «вихід продукту».
58. Швидкість хіміко-технологічних процесів і константа швидкості.
59. У чому суть кінетичних особливостей гомогенних і гетерогенних хімічних процесів?
60. Чим відрізняються визначення швидкості гомогенної та гетерогенної хімічних реакцій?
61. Які основні термодинамічні параметри перебігу хіміко-технологічного процесу?
62. Який зміст понять «кінетична зона» та «дифузійна зона» гетерогенного процесу?
63. Вплив технологічних параметрів на швидкість технологічних процесів.
64. Що таке каталіз? Типи каталітичних процесів.
65. Які речовини називаються каталізаторами? Чи може каталізатор змістити рівновагу хімічної реакції?
66. Механізм дії каталізаторів у технологічних процесах.
67. Основні технологічні характеристики та властивості каталізаторів.
68. Промислові тверді каталізатори та їх функції у технологічних процесах.
69. Сировинні ресурси виробництва сульфатної кислоти.
70. Виробництво сірчистого газу.
71. Контактний спосіб виробництва сульфатної кислоти з колчедану.
72. Нітрозний спосіб виробництва сульфатної кислоти.
73. Виробництво сульфатної кислоти з сірки.
74. Виробництво сульфатної кислоти із сірководню.
75. Навіщо необхідна очистка природного газу від сульфурвмісних речовин?
76. Які каталізатори застосовують на стадіях конверсії CH_4 та CO ?
77. Які домішки в природному газі викликають отруєння каталізаторів?

- 78.Промислові методи виробництва водню.
- 79.Виробництво водню методом фракційної конденсації.
- 80.Виробництво азоту і кисню методом розділення рідкого повітря.
- 81.Які фізико-хімічні особливості реакції синтезу амоніаку з азоту і водню, що впливають на вибір технологічного режиму процесу?
- 82.Механізм гетерогенно-каталітичного процесу синтезу амоніаку.
- 83.Які каталізатори застосовують для синтезу амоніаку?
- 84.Яку сировину використовують для виробництва нітратної кислоти, і яким вимогам вона повинна відповідати?
- 85.Хімічні процеси і технологічна схема виробництва розведеної нітратної кислоти.
- 86.Які технологічні параметри необхідні для оптимального виходу нітроген оксиду на стадії контактного окиснення амоніаку?
- 87.Каталізатори для окиснення амоніаку та умови їх застосування.
- 88.Методи виробництва концентрованої нітратної кислоти.
- 89.Побічні продукти виробництва нітратної кислоти й способи охорони довкілля.
- 90.Техніка безпеки у виробництві кислот.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Які принципи покладено в основу класифікації мінеральних добрив?
2. Основні методи переробки сировини для виробництва мінеральних добрив.
3. Обґрунтуйте вибір технологічного режиму отримання простого і подвійного суперфосфатів з точки зору фізико-хімічних основ процесів.
4. Методи отримання комплексних добрив.
5. Обґрунтуйте вибір технологічного режиму отримання аміачної селітри з точки зору фізико-хімічних основ процесів.
6. Від яких технологічних параметрів найбільше залежить якість готового продукту – амоній сульфату?
7. Методи виробництва амоній сульфату.
8. Технологічний процес виробництва карбаміду.
9. Основні способи виробництва калійних добрив.
- 10.Які основні джерела забруднення довкілля у виробництві мінеральних добрив?
- 11.Як запобігають шкідливим викидам газів і стічних вод у виробництві мінеральних добрив?

12. Содові продукти, їхні властивості, значення та застосування.
13. Фізико-хімічні основи методів виробництва содових продуктів.
14. Кальцинована сода та способи її виробництва.
15. Виробництво харчової соди – гідрогенкарбонату натрію.
16. Каустична сода та способи її виробництва.
17. Основні технологічні параметри та технологічні особливості, характерні для промислових способів виготовлення содових продуктів.
18. Електрохімічні та електротермічні виробництва. Спільні ознаки та відмінності електрохімічних та електротермічних технологічних процесів.
19. Основні закономірності і технологічні параметри електрохімічних процесів, необхідне обладнання для їх реалізації.
20. Електролітичне виробництво кисню та водню.
21. Електролітичні способи одержання хлору та використання його для виробництва хлоридної кислоти й інших хлоровмісних продуктів.
22. Електролітичне виробництво каустичної соди.
23. Електролітичне виробництво металів.
24. Основні закономірності і технологічні параметри електротермічних процесів, необхідне обладнання для їх реалізації.
25. Електротермічне виробництво фосфору та фосфатної кислоти.
26. Електротермічні способи виробництва карбіду та ціанаміду кальцію.
27. Електротермічне виробництво карбідів, боридів й інших надтвердих матеріалів.
28. Фізико-хімічні основи металургії. Чорна та кольорова металургії.
29. Сировина та її особливості, підготовка та переробка її відповідно до вимог металургійних процесів.
30. Виробництво чавуну та особливості доменного процесу виробництва.
31. Виробництво сталі конверторним способом і його технологічні переваги.
32. Мартенівський спосіб виробництва сталі та його особливості.
33. Електротермічні методи виробництва сталі.
34. Властивості сталі, способи переробки та методи термічної обробки сталі.
35. Виробництво міді та його технологічні особливості.
36. Які спільні та відмінні особливості технологічних процесів у чорній та кольоровій металургії?
37. Види палива та методи його переробки.

- 38.Методи переробки деревини.
- 39.Піролізний та гідролізний способи переробки деревини, вуглевипалення та суха перегонка деревини.
- 40.Коксування кам'яного вугілля, переробка коксового газу та кам'яновугільної смоли.
- 41.Який хімічний склад і властивості нафти?
- 42.Яке значення нафти як сировини у хімічній промисловості?
- 43.Які важливі нафтопродукти виробляють на нафтопереробних заводах?
- 44.Які способи підготовки нафти до первинної переробки? Значення окремих стадій підготовки.
- 45.Суть і призначення основних методів очищення нафти і нафтопродуктів.
- 46.Атмосферно-вакуумна перегонка нафти.
- 47.У чому полягає різниця між фізичними та хімічними методами переробки нафти і нафтопродуктів?
- 48.Який механізм термічних процесів переробки нафти?
- 49.Які хімічні перетворення відбуваються у процесі термічного крекінгу?
- 50.Які основні переваги каталітичного крекінгу?
- 51.Порівняйте механізми термічного та каталітичного крекінгу нафтопродуктів.
- 52.Які властивості й особливості каталізаторів важливі у процесі каталітичного крекінгу? Як відбувається регенерація каталізатора?
- 53.Як вирішуються питання охорони довкілля у нафтопереробній галузі?
- 54.Гідрогенізація твердого та важкого рідкого палива.
- 55.Газифікація твердого палива. Підземна газифікація кам'яного вугілля.
- 56.Виробництво генераторного, водяного та побутового газів.
- 57.Сучасні технології виробництва біопалива.
- 58.Синтези на основі СО (виробництво метанолу та формальдегіду).
- 59.Виробництво ацетилену та синтези на його основі (виробництво ацетальдегіду, ацетону, оцтової кислоти, етерів оцтової кислоти).
- 60.Окиснення органічних сполук (виробництво формальдегіду та фенолу).
- 61.Гідратація органічних сполук (виробництво етанолу).
- 62.Галогенування органічних сполук (виробництво дихлоретану, вінілхлориду та хлорбензену).
- 63.Процеси нітрування та амінування (виробництво нітробензену та аніліну).

- 64.Тонкий органічний синтез (виробництво барвників).
- 65.Тонкий органічний синтез (виробництво мийних засобів).
- 66.Класифікація полімерів і промислові методи їх виробництва.
- 67.Термопластичні і термореактивні полімерні матеріали у виробництві пластмас.
- 68.Виробництво синтетичних каучуків і латексів.
- 69.Виробництво гуми.
- 70.Класифікація хімічних волокон.
- 71.Основні методи і способи формування полімерних волокон.
- 72.Виробництво хімічних штучних і синтетичних волокон.
- 73.Виробництво природних мінеральних волокон.
- 74.Виробництво штучних мінеральних волокон різного хімічного складу.
- 75.Види наповнювачів і їх застосування у виробництві композитів.
- 76.Композитні полімерні матеріали, їх структура та властивості.
- 77.Технології створення композитних полімерних матеріалів.
- 78.Технології виробництва фармацевтичних засобів.
- 79.Класифікація лікарських форм.
- 80.Технологія виробництва твердих лікарських форм.
- 81.Технологія виробництва рідких лікарських форм
- 82.Технологія виробництва м'яких лікарських форм.
- 83.Технологія виробництва стерильних і асептичних лікарських форм.
- 84.Технології отримання біотехнологічних препаратів (вакцини, гормони, ферменти).
- 85.Нанотехнології у виробництві лікарських засобів.
- 86.Проблеми стандартизації та контролю якості фармацевтичних препаратів.
- 87.Екологічні аспекти виробництва фармацевтичних засобів.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РОБОТИ НА ЗАНЯТТЯХ (осінній семестр)

Види робіт/ форми контролю	Кількість робіт	Максимум балів за заняття/вид роботи	Критерії оцінювання	Разом
Лабораторно-практичне заняття	6	4	Якісно самостійно виконана робота згідно із завданням і вимогами. Кількість правильно розв'язаних розрахункових задач.	24
Лабораторна робота	3	5	Правильність виконання експерименту та основних розрахунків, аналіз одержаних результатів, формулювання належних висновків. Правильно оформлений звіт про виконану роботу.	15
Контрольна робота	1	13	Коректні та конкретні відповіді на питання, за необхідності – відкриті відповіді. Правильно виконана розрахункова задача.	13
Реферат	1	8	Кількість і відповідність використаних літературних джерел до обраної теми. Змістовність матеріалу реферату і відповідність вимогам навчальної дисципліни. Якість виконаної презентації написаної роботи.	8
Самостійна робота	56 год.		Якісне та вчасне виконання завдань для самостійного опрацювання.	10
РАЗОМ (за роботу в семестрі):				70
Залік / Екзамен				30
РАЗОМ				100

Мінімальна кількість набраних впродовж семестру балів для допуску до заліку – 40 балів.

(весняний семестр)

Види робіт/ форми контролю	Кількість робіт	Максимум балів за заняття/ вид роботи	Критерії оцінювання	Разом
Лабораторно- практичне заняття	7	5	Якісно самостійно виконана робота згідно із завданням і вимогами. Кількість правильно розв'язаних розрахункових задач.	35
Лабораторна робота	2	6	Правильність виконання експерименту та основних розрахунків, аналіз одержаних результатів, формулювання належних висновків, правильно оформлений звіт про виконану роботу.	12
Контрольна робота	1	10	Коректні та конкретні відповіді на питання, за необхідності – відкриті відповіді. Правильно виконана розрахункова задача.	10
Самостійна робота	100 год.		Якісне та вчасне виконання завдань для самостійного опрацювання.	13
РАЗОМ (за роботу в семестрі):				70
Залік / Екзамен				30
РАЗОМ				100

Мінімальна кількість набраних впродовж семестру балів для допуску до екзамену – 40 балів.

**КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУТИХ ЗНАНЬ,
І НАБУТИХ ВМІНЬ**

Показник успішності студентів/ студенток	Оцінка за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен/залік)	Критерії оцінювання
91 – 100	A (Відмінно)	Відмінно (зараховано)	Студент/студентка цілком володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних і письмових відповідей, всебічно розкриває зміст теоретичних питань і використовує здобуті знання теоретичного матеріалу для виконання практичних завдань, а також набуті навички для виконання лабораторних робіт, використовуючи обов'язкову та додаткову літературу.

81 – 90	В (Дуже добре)	Добре (зараховано)	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів і письмових відповідей, здебільшого розкриває зміст теоретичних питань і використовує здобуті знання теоретичного матеріалу для виконання практичних завдань, а також набуті навички для виконання лабораторних робіт, використовуючи обов'язкову літературу. Під час висвітлення окремих питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускає окремі несуттєві неточності та незначні помилки.
71 – 80	С (Добре)	Добре (зараховано)	Загалом володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст під час усних виступів і письмових відповідей, використовує здобуті знання теоретичного матеріалу для виконання практичних завдань, а також набуті навички для виконання лабораторних робіт, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, використовуючи необхідну літературу. Допускає окремі помилки.
66 – 70	Д (Задовільно)	Задовільно (зараховано)	Частково володіє навчальним матеріалом, виявляє базові знання. Під час усних і письмових відповідей викладає його фрагментарно (без аргументації та обґрунтування), недостатньо розкриває зміст теоретичних питань і можливість їх використання для виконання практичних завдань і лабораторних робіт, допускаючи суттєві помилки.
60 – 65	Е (Достатньо)	Задовільно (зараховано)	Частково володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово викладає його під час усних виступів і письмових відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань, допускаючи суттєві неточності і помилки.
30 – 59	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)	Незадовільно (не зараховано)	Недостатньо володіє навчальним матеріалом не в змозі викласти зміст більшості питань теми під час усних виступів і письмових відповідей, а також можливість їх використання для виконання практичних завдань і лабораторних робіт, допускає суттєві помилки.
0 – 29	F (неприйнятно – з обов'язковим повторним курсом)	Незадовільно (Не зараховано)	Не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичних питань і практичних завдань, а також змісту лабораторних робіт.

ВИМОГИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОСЛУХОВУВАННЯ КУРСУ:

- згідно з чинним законодавством мовою викладання та спілкування під час занять є українська мова як державна;
- обов'язкова присутність і належна активність студентів/студенток на лекціях і лабораторно-практичних заняттях;
- виконання лабораторних робіт є обов'язковою умовою для допуску до заліку/екзамену;
- належна підготовка та обов'язкове дотримання правил безпеки під час виконання дослідів і експериментальних досліджень у лабораторії;
- належна підготовка до занять, обов'язкове вчасне виконання домашніх завдань і здавання у призначений термін;
- недопустимо користуватися під час заняття мобільним телефоном, планшетом чи іншими індивідуальними мобільними технічними засобами для особистих потреб, що не стосуються заняття;
- недопустимо користуватися під час виконання самостійних і контрольних робіт мобільним телефоном, планшетом чи іншими індивідуальними мобільними технічними засобами;
- обов'язкове дотримання вимог академічної доброчесності – сукупності етичних принципів і визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання (зокрема недопустимість списування під час виконання домашніх завдань, самостійних і контрольних робіт);
- присутність на занятті, що відбувається у дистанційній формі, виключно з увімкненою камерою;
- недопустимо пропускати і запізнюватися на заняття без поважних причин;
- пропущені без поважних причин 50% занять призводять до недопуску до заліку/іспиту;
- відпрацювання пропущених занять (окрім лабораторних робіт) можливе лише за наявності лікарської довідки чи дуже поважної причини.

ПОЛІТИКА АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Кожний студент/студентка зобов'язані дотримуватися принципів академічної доброчесності згідно з нормативними документами НаУКМА.

Висока академічна культура та європейські стандарти якості освіти, яких дотримуються у закладах вищої освіти, вимагають від студентів/студенток відповідальне ставлення до вибору джерел.

Посилання на такі ресурси, як Wikipedia, бази даних рефератів і письмових робіт (Studopedia.org та подібні) є неприпустимим.

Використання будь-якої інформації (текст, графіки, діаграми, фото, ілюстрації тощо) мають бути правильно процитовані з посиланням на автора! Якщо ви не знаєте, що таке плагіат, фабрикація, фальсифікація, порадьтеся з викладачем/викладачкою.

Письмові завдання, списані в інших студентів/студенток чи з використанням часткових або повнотекстових запозичень з інших робіт без зазначення авторства – це *плагіат*.

Використання штучного інтелекту для виконання письмових завдань має відповідати вимогам Політики відповідального використання застосунків генеративного штучного інтелекту в НаУКМА (затвердженої наказом від 29.07.2025 р. № 332).

Виконання навчальних завдань у процесі вивчення дисципліни має відповідати вимогам «Положення про академічну доброчесність здобувачів освіти у НаУКМА» (затверджене наказом № 112 від 07.03.2018 року).

https://www.ukma.edu.ua/index.php/about-us/sogodennya/dokumenty-naukma/cat_view/1-dokumenty-naukma/12-normativna-baza-naukma/6-systema-zabezpechennia-iakosti-osvitnoi-diialnosti-ta-iakosti-vyshchoi-osvity/71-normativni-dokumenty

<https://bit.ly/3tXf4mi> (Скорочене посилання на документ вище).

ПОЛІТИКА ҐЕНДЕРНОЇ РІВНОСТІ ТА НЕДИСКРИМІНАЦІЇ

Києво-Могилянська академія – заклад вищої освіти (ЗВО), який підтримує ідеї рівних прав і можливостей, протидії дискримінації, гендерному насильству та булінгу. У 2018 році НаУКМА став першим ЗВО в Україні, який запровадив відповідну внутрішньоуніверситетську політику, яка у 2021 році отримала назву – Політика протидії дискримінації, сексуальним домаганням, булінгу в НаУКМА. У Політиці зазначено, що «НаУКМА засуджує насильство і дискримінацію, сексуальні домагання, булінг (цькування) у трудових відносинах, в освітньому процесі та зобов'язується сприяти протидії цим явищам». Задля реалізації Політики створено Комітет протидії дискримінації, сексуальним домаганням, булінгу в НаУКМА. Цей курс відбувається, беручи до уваги засади зазначеної Політики. Детальніше про Політику і Комітет, заплановані події можна прочитати на сайті НаУКМА, рубрика про захист прав студентства.

<https://web.ukma.edu.ua/index.php/uk/students/protect-rights>

ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИЧОК ПАРОНІМІВ, і не тільки

*Уточнюйте значення слів – і ви
позбавите світ половини його помилок”.*

(Рене Декарт, французький філософ, фізик, фізіолог, математик)

, китайський філософ

*«Вивчення хімії може бути успішним лише тоді,
коли її мова стане дуже простою і зрозумілою»*

(Андрій Голуб, український хімік, термінолог)

Пароніми – різні (повністю або частково) за змістом, але близькі за звучанням слова.

Автоматі́чний – саморушний, самочинний (автоматичне гальмо).

Автоматизо́ваний – устаткований автоматичними пристроями, які примушують рухатися чи приводять в дію (автоматизована мережа).

Агрего́ваність (або агрегування) – це властивість або процес, коли окремі частинки об’єднуються в більші структури – агрегати.

Агрега́ція – об’єднання дисперсних частинок у більші структури (агрегати) під дією міжчастинкових сил.

Агрегати́вність – це характеристика стабільності колоїдної системи, що відображає її здатність протидіяти агрегації. Висока агрегативність означає, що частинки не злипаються (система стабільна), а низька агрегативність означає, що система схильна до агрегації (може відбутися коагуляція чи осадження).

Активі́ція (активувáти) – вживають у науковому стилі для означення збудження чогось, посилення діяльності, підвищення енергії процесів (активація ферментів, енергія активації).

Активіза́ція (активізува́ти) – функціонує в діловому мовленні для означення спонукання когось до діяльності, активніших дій (активізація навчального процесу).

Акумулюва́ння, акумуля́ція – збігаються у значенні – нагромадження, збирання, зосередження чогось (акумуляція чи акумулювання енергії, тепла тощо, проте акумуляція капіталу).

Аналогі́йний – який ґрунтується на аналогії, утворений за аналогією (аналогійний метод).

Аналогі́чний – який становить аналогію, подібний схожий (речовина аналогічна попередній, до попередньої, з попередньою).

Аргумента́ція – сукупність аргументів.

Аргументува́ння (аргумента́ція) – наведення доказів, аргументів на користь чогось (переконливе аргументування або аргументація).

А́ркуш – плоский пласт тонкого матеріалу певної форми і розміру – переважно паперу, картону; одиниця вимірювання обсягу книги, що дорівнює шістнадцяти сторінкам друкованого тексту.

Лі́ст – тонкий шматок матеріалу (жерстяний, залізний, поліетиленовий, сталевий, фанерний, холоднокатаний, шиферний, *але не паперовий*); писане повідомлення, звертання тощо; орган живлення рослини.

Ароматизо́ваний – здобрений ароматними речовинами, духмянний, запашний, пахучий (ароматизований напій).

Ароматі́чний – який надає пахощів, аромату, має у своєму складі духмяні речовини (ароматичні сполуки, рослини).

Аромáтний – який має ємний запах, духмянний, запашний (ароматний чай).

Асортимéнт – набір товарів або виробів різних видів і сортів (асортимент мінеральних добрив, харчових продуктів).

Сорта́мент – у металургійній промисловості – склад продуктів за марками, розмірами й профілями (сортамент прокату).

Сортимéнт – те саме, що й сортамент, але у виробництві лісоматеріалів (будівельні сортименти деревини).

Базува́тися – 1) (*на чому?*) мати щось за основу, ґрунтуватися на чому-небудь, спиратися на щось у своїх міркуваннях чи діях (*базуватися на анкетних даних*); 2) (*на що? і на чому?*) мати щось своєю базою, розміщатися (*літаки базувалися на нове летовище чи на новому летовищі*).

Ба́рва – природний колір, забарвлення (забарвлений чи безбарвний розчин).

Фа́рба – колір, штучно нанесений (червона фарба, малювати фарбами).

Безба́рвний, безко́лірний, безко́льоровий – який не має кольору, забарвлення, позбавлений барв (безколірні газ, скло, безбарвний розчин, кристал).

Безба́рвний – який не має яскраво виявлених рис, нічим не примітний (безбарвне існування, день, обличчя, усмішка, слово).

Безперéрвний – який триває без перерви в часі (безупинний, невинний; безперéрвний процес) чи в просторі (безперéрвне волокно, нитка).

Неперервний – який не можна розірвати, перервати (у математиці – неперервний дріб).

Блі́жній (близькі́й) – 1) який перебуває на невеликій відстані (ближній порядок); 2) який перебуває в родинних стосунках (близькі родичі).

Близькі́й – зрозумілий, відомий (близьке мені кредо); який має доступ до чогось (близький до наукових кіл); подібний до чогось (текст близький до оригіналу).

Болот'яний – який живе чи росте на болоті (болот'яні трави).

Болотний – який стосується болота, пов'язаний з болотом, має властивості болота (болотний газ); призначений для робіт на болоті.

Болотистий – багатий на болота, багnistий, заболочений.

Вальцювальний – який стосується пристрою, призначеного для вальцювання (вальцювальна машина).

Вальцюваний – який стосується матеріалу, що зазнає вальцювання (вальцювана мембрана).

Вальцювій – який має у своєму механізмі вальці (вальцюва дробарка).

Варіант – видозміна, різновид будь-чого; одна з кількох редакцій твору, одна з можливих комбінацій тощо.

Варіанта – організм рослини або тварини, який відхиляється за певною ознакою від основного типу; у статистиці – кожен член ряду чисел.

Вартісний, цінний, дорогій – який має велику вартість, ціну, дорого коштує.

Коштовний, дорогоцінний – якісна характеристика, що стосується скарбів і самоцвітів (у хімії – металів).

Вартий, вартує – який заслуговує на увагу (вартий уваги, похвали).

Вибірний, вибірко́вий – здатний діяти на певні конкретні об'єкти (вибірна здатність, вибірко́ва дія).

Вибирати – 1) виділяючи за якимось ознаками, відокремлювати від інших об'єктів (вибирати хімічні методи аналізу, напрям, матеріал); 2) голосуючи, виділяти когось для виконання певних обов'язків (вибирати в президію конференції); 3) вибірково збирати щось (вибирати льон, потрібну літературу).

Обирати – 1) виділяти, відбирати за певною ознакою (обирати фах, предмет дослідження); 2) призначати, виділяти когось для виконання певних обов'язків (обирати делегатів, депутатів, наречену).

Відбірний – добірний (добірне зерно).

Відбірний – призначений для відбору чогось (відбірний пристрій – дозатор).

Відбирати – брати, вибирати, виділяючи із загальної маси за певною ознакою (відбирати сировину за розміром зерна).

Добирати – вибираючи, знаходити найнеобхідніше, підбирати.

Виключати – усувати зі складу чого-небудь, позбавляти чогось (*виключати з переліку, з університету*); робити щось неможливим.

Вимикати – припиняти дію чого-небудь (вимикати струм).

Віключно – лише, тільки (стосується виключно хімії).

Винятково – дуже, особливо, надзвичайно, не так, як усі (винятково міцний).

Викопний – належний до минулих геологічних епох (викопні організми).

Вікопаний – зроблений у землі (викопана яма), видобутий із землі (викопана руда).

Вимірювання – це відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів; процес експериментального визначення одного або кількох значень величини, які можуть бути обґрунтовано приписані величині.

Вімір – операція, за допомогою якої визначається відношення однієї (вимірюваної) величини до іншої однорідної величини (яку приймають за одиницю); число, що виражає таке відношення, називають чисельним значенням вимірюваної величини.

Випромінювальний – який випромінює що-небудь, наприклад, світло, енергію (випромінювальний пристрій).

Випромінюваний – який випромінюється чим-небудь (випромінювана енергія).

Опромінюваний – який опромінюється (опромінювана поверхня).

Витрати і затрати – збігаються в значенні – кошти, гроші, витрачені на щось (на капітальне будівництво).

Затрати – матеріальні цінності, енергія, сила, праця тощо, затрачені на щось (затрати на виробництво).

Втрати – марне витрачання чогось (втрати внаслідок прожарювання), збитки (зазнавати втрат).

Вихідній, вихідні – утворені речовини, які виводять із реактора (вихідні гази з доменної печі або генератора).

Початковий, початкові – первинні дані чи показники до початку експерименту, які стосуються взятих для дослідження матеріалів, вибраних технологічних параметрів (початкові розчини, початкові маси, розчини з початковою концентрацією, початкові умови, початковий тиск тощо, початкові речовини або ж реагенти в хімічних реакціях, сировина в технологічних процесах).

Дані – стосується наперед заданих, обумовлених величин, параметрів, початкових умов експерименту тощо (дані технічного паспорта, дані умови задачі), тому не коректно писати «вихідні дані» або «дані результати».

Відкрити – забрати те, що закриває що-небудь, робити доступним зорові, робити вільним доступ усередину (відкрити банку); започаткувати щось (відкрити технопарк); робити відомим те, що було прихованим; шукаючи, знаходити (відкрити нові землі).

Відчинити – робити вільним доступ до чогось, вхід чи вихід (відчинити двері).

Відслонити – відслонити заслін у печі.

Вінайти – зробити винахід.

Відно́ситися – спеціальний термін у математиці, філософії (перебувати в певній відповідності до чогось).

Відно́шення – взаємозв'язок між предметами, явищами, величинами (арифметичне чи геометричне відношення, кількісне відношення компонентів); аспект, погляд (в економічному відношенні).

Відрі́зняти – речі й поняття, дуже далекі одне від одного.

Ви́різняти – виділяти, виокремлювати з-поміж чогось, надавати перевагу .

Розрі́зняти – бачити або знаходити відмінності між речами й поняттями, дуже близькими за своєю природою.

Відце́нтрóвий – який під час руху має напрямок від центра до периферії (відцентровий рух).

Відце́нтрóваний – встановлений, розміщений правильно стосовно центр (відцентрована вісь).

Ві́тряний – 1) наповнений вітром, з вітром (ві́тряна погода); 2) легковажний (ві́тряний характер).

Ві́тряну́й – який діє за допомогою вітру (ві́тряний двигун, млин).

Во́дявий – водянистий (во́дявий виноград).

Во́дяну́й – який стосується води (водяна поверхня); який приводиться в рух силою води (водяний фонтан); такий, що живе у воді (водяна лілія).

Во́дяний – водянистий, багатий на воду; багатоводний (водяне озеро).

Володі́ти чимось – бути власником, посідати маєтки.

Ма́ти щось – те, що належить комусь / чомусь від природи (речовина має хімічні властивості).

Волоко́нний – який виготовлений з волокон (волоконні провідники).

Волокну́стий – структура якого складається з волокон (волокнисті мембрани).

Впрова́джувати (упрова́джувати) – уводити що-небудь в дію, у практику (впроваджувати технологію у виробництво).

Запрова́джувати – переважно вводити щось нове, установлювати, робити звичаєм (запроваджувати свята, запроваджувати в життя).

Вті́лювати – здійснювати в конкретній формі певну думку (втілювати план у життя).

Втору́нний – який становить другий етап у розвитку чогось або другий ступінь за складністю, похідне від первинного (вторинний спирт, вторинна сировина).

Повто́рний – який буває, трапляється, виконується знову, вдруге (повторний експеримент).

Гідрáнт – водорозбірний пристрій.

Гідрáт – хімічна сполука, що містить молекули води.

Гірськíй – пов’язаний з горами, розташований територіально чи росте в горах (гірський пейзаж чи клімат, гірський кришталь, гірський орел чи бук).

Гірні́чий – який стосується розробки надр землі – вивчення, видобутку й використання корисних копалин (гірничо-видобувна промисловість, гірнича порода, гірниче обладнання).

Гірні́цький – який стосується гірника, пов’язаний з ним (гірницький колектив).

Головну́й – 1) прикметник від голова (головний мозок); 2) найважливіший, найсуттєвіший (головний напрям, метод, підсумок, показник; головна проблема, ідея, тема, мета, умова; головне завдання, що може бути єдиним); 3) який рухається попереду когось, чогось, чільний, передній, перший (головний загін, вагон); 4) який перебуває в центрі чогось (головний корпус); 5) який очолює щонебудь, старший над кимсь (головний інженер, головне підприємство).

Оснóвну́й – збігається в значенні з **головний** (2) – найважливіший, найсуттєвіший, основоположний, але може бути кілька (основні закони, елементи, напрями, показники, факти, переваги, відмінності, питання, умови).

Оснóвний – оксид, гідрид – сполуки, які взаємодіють з водою і утворюють основи.

Гóрн – мідний духовий інструмент.

Гóрно – піч для нагрівання або плавлення металів, частина доменної печі.

Горю́чий – здатний горіти (горючий сланець, горючі газу).

Грані́тний, грані́товий – збігаються в значенні, але розрізняються частотою вживання (гранітні брили, гранітні або гранітові стіни).

Графі́тний, графі́товий – збігаються в значенні «виготовлений з графіту» (графітний або графітовий олівець).

Графі́товий – вживають у значенні «який складається з графіту» (графітові породи, графітові родовища).

Да́лі – 1) після цього, потім; крім того (осадили, а далі фільтрували); 2) продовжуючи розпочате (процес, дію чи явище, що відбулися в ближчий час, – синтезували далі). 3) вищий ступінь від *далеко* (далі на захід);

Подáльший – процес, стадія, що відбувається згодом, через певний час.

Двобі́чний, двосторóнній – у більшості значень вживаються паралельно (зі словами: зв’язок, процес, шов, симетрія, помпа, покриття).

Двосторóнній – вживають тоді, коли стосується двох сторін у значенні «особа, група осіб, організація тощо, яка протиставляється в певному відношенні іншій особі, особам, організації» (зі словами: угода, договір, домовленість, перемовини, обов’язки, співпраця, взаємини).

Дереві́нний – який стосується деревини як матеріалу (деревинна целюлоза, деревинні відходи).

Деревні́й – який стосується дерева, який добувають із дерева (деревна кора, порода, деревне вугілля, попіл, спирт).

Дерев'яні́стий – чимсь схожий на дерево, переважно твердістю (дерев'яниста структура).

Ді́мний – 1) який виділяє дим (димна піч, димне полум'я); який складається з диму (димний викид); просякнутий димом, сповнений диму (димна кузня); який пахне димом або має смак диму (димна гіркота, димна каша); 2) схожий на дим, кольору диму (димна хмара, димна мла).

Димові́й – 1) який стосується диму як скупчення дрібних твердих частинок і газоподібних продуктів, що виділяються згорянні (димові гази); 2) призначений для виходу диму (димова труба); 3) здатний утворювати густий дим (димова шашка), який слугує для утворення смуги диму як засобу маскування (димова завіса).

Димча́стий – подібний до диму (димчаста хмарка, димчастий топаз).

Дина́міка – 1) розділ механіки, який вивчає закони руху тіл (закони динаміки); 2) стан руху, процес розвитку, зміни чогось (динаміка розвитку); 3) рух, дія (насиченість сюжету динамікою).

Динамі́чність – насиченість рухом, дією, інтенсивний розвиток чогось (динамічність процесу, танцю, зображення).

Дисперсі́йний – пов'язаний із процесом розподілу однієї фази на дрібні частки в іншій фазі (процес подрібнення або розсіювання).

Диспе́рсний – стосується системи або речовини, в якій одна фаза вже рівномірно розподілена в іншій фазі (суспензії, емульсії, аерозолі).

Ді́льніця – адміністративно-територіальна або виробнича одиниця (виборча діляниця, складальна діляниця).

Діля́нка – 1) частина земельної площі, (ділянка землі, ділянка фронту); 2) галузь, сфера діяльності (ділянка боротьби за науково-технічний прогрес); 3) частина тіла (у ділянці серця); 4) частина графіка чи діаграми (на похилій ділянці графіка).

Га́лузь – царина науки, медицини, промисловості (хімічна галузь).

О́бласть – адміністративно-територіальна одиниця (Київська область).

Добува́ти, видобува́ти, вийма́ти (рідше) – діставати з надр землі, з морських глибин.

Оде́ржувати – отримувати очікувані або належні продукти реакції як результат хімічної взаємодії, одержувати результати дослідження.

Допусті́мий – можливий, дозволений (допусті́мий вміст, допусті́ма доза).

Допустóвий – який виражає припущення, не взяту до уваги умову, перешкоду (допустове підрядне речення).

Дорівнювати – бути рівнозначним.

Рівнятися – уподібнюватися, триматися одної лінії в ряді.

Дóсвід – сукупність практично засвоєних знань, умінь, навичок, які здобуваються в житті і в практичній діяльності тощо (бойовий досвід, досвід будівництва).

Дóслід – відтворення якогось явища або спостереження за новим явищем у певних (переважно штучно створених) умовах з метою вивчення; експеримент (дослід з електрикою, дослід на тваринах, важливий науковий дослід, розвідувальний дослід, фізичні досліді, виконувати досліді).

Дóсвідний – який ґрунтується на досвіді, має життєвий досвід (дóсвідне пізнання).

Дóслідний – який стосується досліду, пов'язаний з дослідженням; призначений для виконання дослідів (дослідна робота, лабораторія, дослідний центр, інститут, дослідні рослини).

Дослідницький – 1) який стосується дослідника, належний йому (дослідницький колектив, дослідницький метод, підхід, дослідницька праця); 2) призначений для виконання дослідів (дослідницька база).

Дру́гий – порядковий числівник.

І́нший – займенник, який уживають у переліку, або означає відмінність.

Елементáрний – такий, що стосується елементарних частинок або основних структурних одиниць (атомів, молекул) у хімії; часто означає простий, базовий.

Елемéнтний – такий, що стосується хімічних елементів або елементного складу сполуки; описує, з яких елементів складається речовина.

Ефектíвний – дієвий, результативний, корисний, більш досконалий (ефективні засоби).

Ефéктний – який справляє сильне враження; розрахований на те, щоб викликати ефект; зовнішньо показовий (ефектна презентація).

Ефектíвність – дієвість (ефективність препаратів).

Ефéктність – здатність справляти сильне враження (зовнішня ефектність).

Єдúний – 1) один без інших, тільки один (єдиний вихід); 2) який становить внутрішню єдність, цілісний (єдина водна система).

Жу́рний – 1) у якому багато жиру, просякнутий жиром (жу́рна пляма); 2) назва групи органічних кислот із насиченим карбоновим ланцюгом (жу́рні кислоти); 3) багатий на корисні копалини (жу́рна глина); 4) з товстими лініями (жу́рний шрифт).

Завдава́ти – спричинити комусь неприємне; викликати, спричиняти щось неприємне (завдавати втрат, шкоди, неприємності, турботи, удару).

Завда́ння – те, що визначено або заплановано для виконання.

Задава́ти – пропонувати, давати щось для виконання, вирішення або відповіді (задавати завдання, задачу, урок, гарту, прочухана).

Зада́ча – питання переважно математичного характеру, яке розв'язується за допомогою обчислень за визначеною умовою.

Замісн́ик – 1) в органічних сполуках – атом або група атомів, що замінює один або кілька атомів водню в молекулі органічної сполуки; 2) той, хто тимчасово виконує чийсь обов'язки (замісник технолога).

Засту́пник – офіційна назва посади особи, яка постійно відає певними ділянками роботи, одночасно працюючи з начальником або керівником, а також заступає його у разі відсутності (заступник директора інституту).

Запобіга́ти – 1) заздалегідь відвертати щось неприємне, небажане, не допускати його, уникати (запобігати забрудненню повітря); 2) догоджати комусь, підлещуватися до когось, домагаючись прихильності, заступництва.

Попереджа́ти – наперед (заздалегідь) повідомляти кого-небудь про щось.

Засво́ювати – 1) сприймаючи щось нове, робити його звичним для себе (засвоювати науку); 2) вбирати в себе, поглинати, перетравлювати (засвоюючи вуглекислий газ, рослини очищують повітря).

Осво́ювати – 1) робити придатним для використання, повністю або частково використовувати (освоювати родовище, освоювати кошти); 2) за допомогою навчання опанувати щось (освоїти методику).

Зато́р – скупчення людей, транспорту, тощо, що перешкоджає рухові.

Заті́р – суміш, яка використовують для виготовлення горілки, пива тощо.

Збагати́ти – стати багатим (збагатіла держава).

Збагати́ти – 1) збільшити вміст корисних речовин у руді, вугіллі, ґрунті, воді; 2) зробити змістовнішим, досконалішим; 3) зробити когось, щось багатим, збільшуючи прибутки, майно/

Збідні́ти – стати бідним, біднішим на щось, втратити що-небудь.

Збідну́ти – зробити щось, когось бідним, позбавити когось, щось якихось рис, особливостей, зробити менш виразним тощо.

Зв́ичка – 1) властивий кожній людині певний спосіб дій, життя, манера поведінки або висловлювання (звичка бути пунктуальним); 2) уміння, навички, набуті тривалим досвідом і тренуванням (звичка займатися спортом).

На́вичка, на́вик – схильність діяти, робити, поводитися відповідно; уміння, набуте вправами, досвідом (практичні на́вички, фахові на́вики).

Зда́тний – який може, вміє здійснювати, виконувати, робити щось; придатний для когось або чогось (пароплав здатний рухатися, здатний на подвиг, здатний до вивчення мов).

Зді́бний – який має природжений талант, здібний, обдарований (здібна дитина, здібний до вивчення мов).

Здійснений – дієприкметник від **здійсню́ти** – якого здійснили, який здійснився, став дійсним (здійснений проєкт, здійснена мрія).

Здійсне́ний – який можна здійснити або який може здійснитися (цілком здійсненні ідеї).

Земельний – який стосується землі як ґрунту, що обробляється й використовується для вирощування рослин тощо (земельний власник, наділ, банк).

Земляну́й – 1) який стосується верхнього шару земної кори – землі (земляний вал, рів); 2) зроблений із землі (земляна долівка); 3) складова частина назв мінералів, рослин і тварин, що живуть, чи ростуть на землі (земляна жаба, земляна груша).

Земну́й – 1) який стосується планети Земля, верхнього шару *земної* кори, суші на відміну від водяного простору (земна куля, твердь, вісь); 2) переносно – життєвий реальний (земний уклін, земне почуття).

З'єднання, з'єднан́ня – об'єднання, згуртування, зближення, сполучення з чимось, з'єднування; місце, де щось з'єднане.

З'єднання – велика військова одиниця, яка складається з кількох частин одного або різних родів військ (партизанське з'єднання).

Об'єднання – організація (виробниче об'єднання «Хімволокно»).

Об'єднан́ня – дія (об'єднан́ня людей).

Поєднан́ня – дія, спрямована на об'єднання окремих елементів у ціле, (поєднання різних методів очищення води в комплексну схему).

Ззо́вні, іззо́вні – із зовнішнього боку (звідки?), з боку когось/чогось стороннього (нагрів, прикладання тиску іззо́вні).

Зо́вні – із зовнішнього боку (де?) (пристрій розміщено зо́вні).

Зо́вні, зо́внішньо – збігаються в значенні – як здається на перший погляд (як?) (зовні все мало гарний вигляд; зовнішньо він був задоволений результатами).

Зо́внішньо... – перша частина складних слів, що відповідає слову зовнішній (пишемо разом: зовнішньополітичний).

Зледені́ти – покритися льодом, перетворитися на лід (обличчя, дерево).

Обледені́ти – покритися льодом, обмерзнути з усіх боків, по всій поверхні (дріт, камінь, дорога).

Зм́еншувати – зменшувати кількісні параметри – кількість, масу, розміри, об’єм, суму (антонім – **зб́ільшувати**).

Зн́ижувати – знижувати рівень чи ступінь якісних характеристик, наприклад, міцності, швидкості, напруги, температури, тиску (антонім – **підвищувати**).

Знах́одитися – 1) розташовуватися, бути, міститися (значення – місце); 2) перебувати (про людей); 3) стояти (про просторові об’єкти, транспортні засоби).

Зна́чення – 1) вагомість (важливе значення); 2) числовий показник певної характеристики (числове значення).

Зна́чити – 1) означати що-небудь, свідчити про щось (зміна забарвлення індикатора зна́чить (або означає) зміну середовища); 2) відігравати певну роль, мати якесь значення (підвищення тиску багато зна́чить у технологічному процесі).

Значу́ти – робити мітки, позначки на чомусь, мітити (значу́ти колби).

Зріду́ти – зробити щось рідшим – зрідка розміщеним (зріду́ти насадження).

Зрідіти – стати рідшим, менш густим, кількісно зменшитися (після граду посіви зріділи).

Зріднути – змінити консистенцію, в’язкість (з додаванням води тісто зрідло).

Зумовлювати – 1) бути причиною чогось, викликати щось (такий перебіг хімічної реакції зумовлений нагріванням); 2) будучи умовою існування, формування, розвитку чогось, визначати його характер, якість, специфіку тощо (властивості елемента зумовлені будовою атома).

Обумовлювати – встановлювати певні умови, терміни виконання чогось (експлуатаційні характеристики обумовлені технічним завданням).

Ізоля́ція – 1) відокремлення від навколишнього середовища (ізоляція інфікованих хворих); 2) неелектропровідні речовина чи матеріал, якими ізолюють провідник (полімерна ізоляція); 3) захист провідника якоїсь енергії оболонкою або покриттям, наслідок дії (ізоляція дроту, тепла ізоляція печі).

Ізолюва́ння – узагальнена назва процесу як відокремлення від оточення, так і нанесення покриття на поверхню провідників.

Ізолюва́ність – 1) стан ізоляції (ізолюваність дротів; моральна ізолюваність); 2) відокремленість, одиничність (ізолюваність від життя, ізолюваність факту).

Ізоляці́йний – який стосується ізоляції, пов’язаний з нею (ізоляційна стрічка).

Ізоляторний – який виготовляє ізолятори (ізоляторний завод).

Імітува́ти – точно наслідувати когось, відтворювати щось, підробляти під щось (імітувати голоси, імітувати покриття).

Емітува́ти – 1) видаляти електрони або йони з поверхні твердих і рідких тіл нагріванням, опроміненням, йонізацією тощо; 2) випускати цінні папери, банкноти або паперові гроші.

Інертність, інерція – неактивність, бездіяльність (інертність газів).

Інерція – властивість тіла зберігати стан, рівномірний прямолінійний рух або спокій, поки яка-небудь зовнішня сила або дія іншого тіла не виведе його з цього стану (закон інерції, робити щось за інерцією).

Інструктування – дія за значенням **інструктувати** – давати комусь керівні вказівки, інструкції (проводити інструктування).

Інструктаж – 1) наслідок дії інструктування (проводити інструктаж); 2) керівні вказівки, інструкції (отримати інструктаж).

Іржавити, ржавіти – робити іржавим.

Іржавіти, ржавіти – ставати іржавим, покриватися іржею.

Капсула – оболонка з певного матеріалу для зберігання, захисту внутрішнього вмісту чогось; оболонка в організмі.

Капсуль – металевий циліндрик або ковпачок у вибуховому строї, вибуховий пристрій тощо.

Капсель – вогнетривка коробка, в якій випалюють глазуровану кераміку.

Карбонад – делікатесний продукт зі свіжого філе свинини.

Карбонат – сіль карбонатної кислоти (кальцію карбонат).

Карбоніт – вибухова речовина.

Карбоніл – хімічна сполука оксиду карбону з металами (нікелю карбоніл).

Керівництво – спрямування діяльності конкретних людей, певного колективу (під керівництвом директора).

Керування – 1) спрямування руху, ходу, роботи чогось за допомогою керма та інших строїв (керування автомобілем); 2) регулювання, спрямування якоїсь тривалої або постійної дії, процесу в певних межах (керування польотом); 3) керівна дія в межах системи, структури, до якої належить керований об'єкт (керування промисловістю) 4) безпосереднє диригування оркестром, хором.

Керувати – 1) спрямовувати рух, хід, роботу чогось за допомогою керма та інших строїв (керувати човном); 2) спрямовувати процес, впливати на розвиток, стан чогось (керувати перебігом експерименту); 3) очолювати когось, щось, бути керівником; спрямовувати діяльність, давати вказівки, спрямовувати чи зумовлювати чийсь вчинки (керувати господарством).

Управляти, керувати – збігаються в значенні – очолювати когось, щось, бути керівником; спрямовувати діяльність, давати вказівки (управляти підприємством).

Коагулянт – речовина, що спричиняє коагуляцію.

Коагулят – осад, що утворився внаслідок коагуляції колоїдного розчину.

Колірний – пов'язаний з кольором (кблїрна гама, багатокблїрна палїтра).

Кольоровий – який має яскравий або світлий колір (кольоровий розчин, олівець); забарвлений чи пофарбований у різні кольори, різноколірний папір.

Кольорістий – забарвлений у різні кольори, різнокольоровий (ліс), різнобарвний (газон), барвіста (клумба), (кольористе вбрання).

Компіляція – твір, написаний на підставі чужих матеріалів без самостійного дослідження.

Композіція – 1) будова, структура, розташування та взаємозв'язок структурних одиниць (полімерна композиція, шахова композиція); 2) будова художнього твору, картини; музичний твір.

Композіт – матеріал, що складається з двох або більше різнорідних компонентів, які разом утворюють систему з поліпшеними властивостями (механічними, термічними, хімічними) порівняно з окремими компонентами.

Компонент – складова частина, елемент чого-небудь, складник.

Компонента – складова чого-небудь (термін використовують у математиці та фізиці, компонента зв'язності, компонента вектора, компонента тензора).

Компонування – складання з окремих частин чогось цілого (компонування суміші); створення композиції картини, мелодії (компонування творів).

Конвекція – перенесення тепла в рідинах або газах потоками речовини.

Конвектор – пристрій, функціонування якого ґрунтується на процесі конвекції.

Конверсія – 1) метод переробки газів – хімічне перетворення газів для зміни складу вихідної газової суміші; 2) заміна випромінення кванта, наприклад фотона, випроміненням електрона з оболонки навколо атомного ядра, яке перейшло із більш збудженого стану в менш збуджений, зокрема в стан спокою.

Конвертер, конвертор – 1) промисловий апарат, у якому відбувається процес конверсії газів; 2) апарат для перетворення розтопленого чавуну на сталь або штейну на чорнову мідь; 3) однофазний перетворювач електричного струму.

Кондиційний – який відповідає кондиції, нормам або стандартам якості, сорту (кондиційне вугілля).

Кондиційований – який зазнав кондиціювання (кондиційоване повітря).

Кондиціювання – кондиціювання повітря – доведення повітря в приміщеннях до сприятливих для людини умов щодо температури, вологості тощо.

Консервація – 1) тимчасове припинення діяльності чогось (консервація шахти); 2) запобігання псуванню, руйнуванню завдяки спеціальній обробці або створенню відповідних умов зберігання (консервація деревини).

Консервування – перетворення харчових продуктів на консерви.

Консультація – порада фахівця з якогось питання (консультація викладача); установа, у якій допомагають порадами (юридична консультація).

Консультування – надання порад з певних питань (консультування студентів).

Конструктивний – пов'язаний з конструкцією, конструюванням (конструктивна деталь).

Конструкційний – придатний для конструкцій, споруд, будівель, або їх частин (конструкційні матеріали).

Концентрація – 1) зосередження, збирання, згромадження когось, чогось (концентрація військ, концентрація уваги); 2) кількість розчиненої речовини в розчиннику.

Концентрація розчиненої речовини – відношення кількості або маси розчиненої речовини до об'єму розчину (відношення неоднотипових величин: *молярна концентрація* в моль/л, *молярна концентрація еквівалента* в екв/л).

Концентрування – 1) насичення розчину; 2) збагачення корисних копалин (концентрування руди).

Масова (об'ємна) частка – відношення маси (об'єму) розчиненої речовини до маси (об'єму) розчину (відношення однотипних величин у частках одиниці або у відсотках).

Вміст речовини – кількість речовини у складі певної суміші.

Коразія – процес руйнування гірських порід уламковим матеріалом, що його носить вода, лід, вітер тощо.

Корозія – руйнування металів і деяких інших твердих тіл під впливом хімічних та електрохімічних процесів, а також результат цих процесів (корозія заліза); руйнування гірських порід під впливом повітря і води (атмосферна корозія).

Ерозія – руйнування ґрунту або гірських порід водою, льодом або вітрами; руйнування металу під дією механічних чинників чи електричних розрядів; пошкодження тканин шкіри або слизових оболонок під впливом різних чинників.

Корд – 1) міцні нитки технічного призначення, з яких виготовляють спеціальні тканини (корд зі штучного волокна для шин); 2) вовняна тканина з поздовжніми ворсовими рубчиками (пальто з корду).

Корда – струна (шворка) для керування літаючими моделями; довгий мотузок, який застосовують під час виїжджування коней по колу.

Корість – добрі наслідки, матеріальна вигода для когось (отримати користь).

Корисність – якість корисного (корисність знань, корисні копалини).

Криниця, колодязь – викопана і захищена від обвалів яма для добування води.

Колодязь – 1) артезіанський колодязь; 2) яма, що слугує для певних технічних потреб – для спуску в шахту (соляний колодязь).

Крейді́стий – який містить у своєму складі крейду або подібний до крейди (крейдисті породи).

Крейдо́ваний – 1) побілений розчином крейди; вкритий шаром крейди; 2) до складу якого введено крейду (крейдований папір).

Крейдя́ний – 1) виготовлений з крейди (крейдяний олівець); 2) який має колір крейди (крейдяний папір – блискучий папір, укритий білою клейовою фарбою).

Криста́л – тверде неорганічне тіло, що має форму правильного многогранника (кристал солі).

Кришта́ль – скло високого ґатунку з вмістом свинцю; гірський кришталь – прозорий різновид кварцу.

Кру́пний – який складається з однорідних часток великого розміру; протилежне – дрібний (пісок, град, сіль, каміння, зерно, плоди). Але **велике** підприємство.

Кла́птик – тонка, пласка макроскопічна частина речовини або матеріалу обмеженого розміру, що використовується в лабораторних або технологічних процесах для виконання певних функцій (клаптик фільтрувального паперу).

Шма́т, шмато́к, шмато́чок – відокремлена макроскопічна частина речовини певного об'єму або маси, що зберігає її фізико-хімічні властивості, наприклад: шматок глини, шматочок лужного чи лужно-земельного металу (але не стосується металів, виготовлених у промислових умовах у вигляді гранул, стружки або порошку).

Ледені́ти – пронизувати холодом, холодити, морозити.

Ледені́ти – перетворюватися на лід, укриватися кригою, мерзнути, ціпеніти.

Лід – замерзла вода (розтопити лід); у переносному значенні – щось холодне (сухий лід).

Лід, кри́га – переважно скупчення, суцільні маси замерзлої води, крижина (братися кригою, скресла крига).

Льодові́к – скупчення великих мас льоду на земній поверхні, що має властивість сповзати (гірський льодовик).

Льодо́вня, льодо́вник – погріб з льодом; ящик або шафа з льодом.

Леткі́й – здатний швидко зникати, поширюючись у повітрі або випаровуючись (леткі речовини).

Лопате́вий – який має лопаті (лопатевий змішувач).

Лопа́тний – який стосується лопати.

Лудже́ний – укритий полудою залізний виріб (електрохімічним способом луджена жерсть – бляха).

Луже́ний – оброблений лугом.

Люстр – пігмент для розписування глазурованих керамічних виробів.

Люстра – підвісний освітлювальний прилад.

Люстро – дзеркало.

Малюва́ти – зображувати когось, щось на площині олівцем, пером, фарбами тощо (похідні: малюнок, малювання); в переносному значенні – зображувати словами, викликати в уяві певні образи тощо.

Рисувати – креслити (похідні: рисунок, рисування).

Меліс – сорт цукру –піску, який отримують з білої патоки.

Меліса – рід багаторічних трав'янистих рослин родини губоцвітих.

Меляса – темна тягуча солодка маса, що є відходом цукробурякового виробництва.

Мензúра – 1) міра тривалості звуку, такту в багатоголосій музиці; 2) різні виміри для визначення місць звукових отворів у духових інструментах, а також діаметра, довжини, натягу струн в інших музичних інструментах.

Мензúрка – посудина з позначеними на ній поділками для вимірювання невеликих об'ємів рідини.

Металéвий – виготовлений з металу (металевий каркас, металевий дріт).

Металі́чний – притаманний, властивий металам (металічні властивості, металічні ґратки, металічний блиск, металічний зв'язок, металічні елементи).

Метаморфóз, метаморфóза – перетворення однієї форми на іншу, видозмінення чогось; видозмінення вегетативних органів рослин внаслідок пристосування їх до інших функцій; перетворення організму тварин у процесі його індивідуального розвитку.

Метаморфізм – процес перетворення структури і складу гірських порід під впливом фізичних і хімічних чинників.

Метеороло́гія – наука про земну атмосферу, її склад, будову, фізичні явища, фізичні процеси, а також погоду та клімат.

Метроло́гія – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності й потрібної точності; галузь практичної діяльності людини.

Мéтод – прийом, система прийомів у певній діяльності (нові методи аналізу).

Метóдика – сукупність прийомів найдоцільнішого виконання досліджень.

Методоло́гія – вчення про науковий метод пізнання і перетворення світу або про методи, що застосовуються в окремих науках (методологія досліджень).

Методі́чний – який стосується методики (методичний посібник); дуже послідовний, систематичний (методичні рухи).

Методі́стський – який стосується методистів – прихильників однієї з протестантських церков у Великій Британії, США, Канаді та інших країнах.

Місі́лка – машина для замішування чогось (місилка тіста).

Місі́ти – розминати якусь густу в'язку масу, змішуючи її (місити тісто, глину).

Міша́лка – предмет, знаряддя, пристрій, машина для розмішування чогось (лабораторна, механічна мішалка).

Міша́ти – за допомогою мішалки чи іншого пристрою перемішувати, збовтувати.

Модифіка́ція – видозміна чогось, різновид.

Модифікува́ння – цілеспрямована дія, виконана для надання певних властивостей для видозміни.

Монта́ж – загальна назва діяльності, основний напрям діяльності; наслідок дії, назва навчальної дисципліни (монтаж конструкцій).

Монтува́ння – опрідметнена дія, узагальнена назва процесу.

Морозовитрива́лий, морозості́йкий – стосується рослин, які витримують температуру нижчу від нуля (морозостійкий гібрид).

Морозотривкі́й – який витримує багаторазове зниження й підвищення температури без значного зниження своєї міцності (морозотривкі матеріали).

На́пря́м, на́прямок – збігаються в значенні – лінія руху, лінія розміщення чогось.

На́пря́м – заходи важливого наукового або суспільно-політичного значення, що провадяться у широких масштабах (основний напрям розвитку галузі).

На́прямок – лінія фізичного руху на невеликих відстанях (напрямок вітру).

Наступни́й – той, що йде услід за попереднім (наступний етап або стадія, наступний рік, наступна сторінка, наступна зупинка), у переліку не вживають.

Незважа́ючи – всупереч несприятливим умовам (незважаючи на холод).

Не дівля́чись – не бачачи (не дивлячись у книгу чи на дорогу).

Нескі́нчений – недоведений до кінця, незакінчений, незавершений.

Нескі́нченний, безко́нечний – який дуже довго триває; дуже довгий, дуже великий (про кількість – нескінченні запаси).

Безко́нечний – вживають як математичний термін.

Обертáльний, обертóвий – який стосується обертання (обертальний рух).

Обертáльний – який здійснюється обертанням чогось (обертальне буріння).

Обертóвий – 1) який діє за принципом обертання навколо власної осі тощо (обертовий різець); 2) який обертається або може обертатися навколо власної осі (обертовий щит).

Об'є́м – величина чогось у довжину, висоту й ширину, вимірювана в кубічних одиницях (об'єм повітря, об'єм мозку, об'єм колби, печі, конуса).

Обся́г – розмір (обсяг приміщення), величина (обсяг знань, книжки), кількість (обсяг промислової продукції), межі, значення, важливість чогось.

Одинáрний – що складається з однієї частини, не подвійний (одинарний зв'язок).

Ординáрний – 1) звичайний, рядовий (ординарна професія); 2) штатний (ординарний професор).

Одині́чний – 1) окремо взятий, відособлений (одиничні процеси, одиничне виробництво); 2) який стосується одиниці.

Одинóчний – окремий, розрахований на одного (одиначна комірка).

Однóбо́кий, однóбі́чний – щодо механізмів чи інструментів, які мають один робочий бік (однóбічна хроматографічна пластинка, однóбокий меч).

Однóбі́чний – 1) який здійснюється лише в одному напрямі (однóбічний рух); 2) вузький, обмежений (стосується діяльності, зацікавлень).

Однóчáсний – який відбувається в той самий час, одночасно з чимось іншим (одночасне нагрівання та перемішування суміші).

Опирáтися – чинити опір, не піддаватися, огинатися.

Спирáтися – і в прямому, і в переносному значенні – використовувати щось як опору; також у переносному значенні – коли йдеться про опору не фізичну, а моральну, теоретичну, технічну тощо (спиратися на досвід, спиратися на праці попередників, спиратися на думку).

Оптима́льний – такий стан, умови або параметри процесу, за яких досягається найбільш ефективно, безпечний та економічний перебіг хімічної реакції чи технологічної операції (оптимальна температура, оптимальний рН, оптимальна концентрація реагентів у синтезі).

Осві́чений – який має освіту, здобув глибокі знання (освічена людина).

Досві́дчений – який має великі знання в певній галузі, великий життєвий досвід (досвідчений фахівець).

Осна́щення – 1) постачання необхідних технічних засобів (оснащення відділу устаткуванням); 2) сукупність усіх необхідних технічних засобів підприємства, галузі (технічне оснащення заводу).

Осна́щеність – ступінь оснащення (висока технічна оснащеність інституту).

Па́лети – дерев'яні чи пластикові піддони для транспортування та зберігання товарів.

Пе́лети – паливні гранули з відходів обробки деревини чи агровідходів.

Па́ливо – горюча речовина (дрова, вугілля, нафта, газ), яка використовується для одержання теплової енергії, тепла (економія палива).

Па́ливний – той, що стосується палива (паливний елемент, паливний газ).

Палі́льний – призначений опалювати, освітлювати, обігрівати чи обпалювати що-небудь (активна здатність).

Пальне́ – паливо (бензин, солярка, нафта, газ) для двигунів внутрішнього згоряння (запаси пального).

Пальну́й – призначений для спалювання (пасивна здатність).

Пальну́к – пристрій для спалювання пальної рідини або газу.

Па́ра – два предмети, дві особи (пара занять, кілька пар взуття).

Па́ра – (лише в однині) фізичний газуватий стан води (пара води).

Ві́пари – (збірна назва) продукти випаровування або перегонки летких речовин (ві́пари етеру, уникати ві́парів).

Парну́й – 1) насичений паром, вологою, парку́й (парний день); 2) такий, що зберіг тепло живого тіла, свіжий (парне молоко).

Па́рний – який складається з двох однакових предметів (парне копито), в якому беруть участь двоє (парний танець), який ділиться без залишку на два (парне число).

Парову́й – 1) який приводиться в дію силою пари (парова машина); 2) який перебуває під паром (парове поле), або ґрунтується на використанні пари (парова система); 3) призначений для споживання дією пари (парові котлети).

Первину́ний – 1) від якого або з якого починається щось (первинна сировина, первинне оброблення); 2) який з'явився раніше вторинного (первинна назва).

Пе́рвісний – 1) який існував у найдавніші періоди людства (первісний лад); 2) який існував спочатку і був замінений чимось (первісний текст).

Первозда́нний – який був із самого початку чистий, незайманий (первозданний ліс).

Перга́мент, перга́мен – спеціально оброблена шкіра молодих тварин, на якій у давнину писали книги, яку натягували на барабани; стародавній рукопис, написаний на такому матеріалі; міцний, цупкий жир- і вологонепроникний обгортковий папір.

Пергамі́н – 1) тонкий міцний папір, схожий на пергаментний, з якого виготовляють кальку чи пакувальний матеріал для масло-жирових продуктів; 2) ізоляційний та покрівельно-прокладний рулонний картон, просочений спеціальною речовиною для гідроізоляції.

Перева́жний – в значенні – основний, панівний.

Перева́жний – який має перевагу над чимось постійно.

Переві́рка – 1) установлення правильності чогось, відповідності чогось чомусь тощо (перевірка документів, перевірка якості); 2) переклик з метою встановлення наявного складу людей.

Пові́рка – установлення правильності і точності вимірювання технічних вимірювальних приладів до вимог стандартів (повірка лічильників).

Перекóнаний – який має тверді переконання (переконаний у своїй правоті).

Перекóнливий – який змушує переконатися у чомусь (переконливий факт).

Перелічу́ти – назвати за списком, за переліком.

Перерахува́ти – повторно зробити розрахунки.

Перенасі́чення – надмірне насичення чимсь (перенасичення ґрунту вологою).

Перенасі́ченість – властивість, якість чогось перенасиченого (перенасиченість розчину, перенасиченість інформацією).

Переро́блення – дія, процес (перероблення сировини), слово, властиве офіційно-діловому мовленню.

Переро́бка – у значенні того, що є результатом перероблення.

Перифе́рійний – який міститься, перебуває у частині країни, міста, села тощо, віддалений від центру (периферійний університет).

Перифе́рýчний – який стосується зовнішньої, віддаленої від центральної частини організму (периферична нервова система).

Пиловíй – пов'язаний з пилом, який складається з пилу (пилові часточки).

Пі́льний – 1) який відзначається увагою, спостережливістю тощо; уважний (пильний погляд); 2) який потребує термінового, негайного виконання (пильна справа).

Пісковíй, піща́ний – 1) який стосується піску, складається з піску, містить у собі багато піску (піскова або піщана пустеля, пісковий або піщаний ґрунт, піскова поверхня); 2) який діє за допомогою пересипання піску (пісковий або піщаний годинник).

Піща́ний – який живе, росте на піску, в пісках (піщаний цмин).

Пісо́чний – 1) який стосується піску; для якого використовують пісок (пісочні ванни); кольору піску (пісочне пальто); 2) стосується тіста, крихкий і сипкий (пісочне печиво).

Погі́ршання – (від погіршати) змінитися на гірше (погіршання стану здоров'я).

Погі́ршення – (від погіршити) робити що небудь гіршим за властивостями, якостями, ознаками (погіршення якості виробу).

Позба́витися – запобігти чомусь.

Позбу́тися – звільнитися, уникнути чогось, втратити щось.

Позича́ти – 1) брати щось у борг у кого-небудь; 2) давати щось у борг кому-небудь.

Запозича́ти, запозі́чувати – переймаючи щось, засвоювати, робити своїм надбанням (запозичати добрі приклади, запозичувати досвід).

Показну́й – 1) який вертає увагу позитивними якостями; вабливий, помітний (показна зовнішність); 2) розрахований на ефект, навмисно підкреслений (показне геройство).

Показóвий – 1) який показує на щось, характеризує (показовий приклад); 2) людний (показовий суд); 3) який є взірцем (показовий урок, показова школа).

Пока́зник – наочне вираження результатів праці, перебігу чогось (аналізу).

Пока́жчик – 1) контрольно-вимірювальний прилад (покажчик температури); 2) позначка, яка щось показує (покажчик напрямку); 3) довідкова книжка чи список у книжці (алфавітний покажчик).

Покра́щати – стати кращим, гарнішим, поліпшитися.

Полі́пшити – удосконалити, підвищити якісний рівень чогось (поліпшити обслуговування обладнання).

Порівня́льний – 1) який ґрунтується на порівнянні (порівняльний аналіз); 2) який виражає порівняння (порівняльний зворот).

Порівня́ний – 1) зроблений рівно, гладенько (порівняна поверхня); 2) відносний; який визначається в зіставленні (порівняні умови); 3) розміщений на одному рівні (порівняні краї).

Порівня́нний – який можна порівняти з іншими (порівнянні характеристики, величини); який можна виміряти однаковою мірою з чим-небудь іншим; сумірний, спільномірний (порівнянні ціни).

Порожні́нний – який стосується порожнини (порожнинна операція).

Порожні́стий – 1) який має всередині порожнину (порожністі елементи); 2) виготовлений з порожниною всередині (порожністий провід).

Порфі́р – загальна назва магматичних гірських порід.

Порфі́ра – 1) морська їстівна водорість червоного кольору; 2) довга пурпурова мантия, символ влади монарха.

Пору́ч, по́ряд – вживають при вказуванні на просторову близькість, суміжність когось, чогось із ким-, чим-небудь; поблизу; коло (іти поруч або поряд, працювати поруч, працювати у лабораторії поряд).

По́ряд – вживається при вказуванні на суміжні або одночасні дії, а також на осіб або предмети, які перебувають у спільній або одночасній дії; разом, одночасно (поряд із відомими теоріями є наукові передбачення).

Пото́ковий – який здійснюється безперервним потоком, конвеєрний (про метод виробництва) тощо (потокова лінія).

Пото́чний – 1) який є, відбувається тепер, у цей час (поточний рік, поточна преса). 2) повсякденний, якщо йдеться про справи чи роботу (поточний ремонт, поточний рахунок).

Похі́дний – 1) призначений для походу (похідний інвентар); 2) наявний у війську, використовуваний у поході (похідна кухня).

Похі́дну́й – виведений з іншого подібного (похідне математичне рівняння).

Поші́рювати (поширюватися) – збільшувати в обсязі, в масі чи просторі (поширювати інформацію).

Розповсюджувати (розповсюджуватися) – розподіляти по багатьох місцях чи скрізь, але не суцільною масою, а окремими частками з маси (розповсюджувати газети, листівки тощо).

Привéсти – приводити до якогось стану (привести до рівноваги).

Призвéсти – спричинити певні негативні наслідки (привести до аварії).

Прійня́тий – дієприкметник від прийняти (прийнята стаття).

Прийня́тний – який відповідає певним вимогам, якого можна йняти, з яким можна погодитися (прийнятні умови).

Примі́рник – одиничний предмет з ряду тотожних, однорідних (переважно про друкований чи рукописний текст).

Екземпляр – 1) окремий представник якогось виду, розряду тваринного або рослинного світу, якоїсь породи тощо (рідкісний екземпляр осі); 2) про людину – унікал переважно в негативному значенні.

Приро́дний – належний до природи, що існує або утворюється без втручання людини; властивий природним речовинам і процесам (природні барвники, природні мінерали, природні екстракти).

Природні́чий, природозна́вчий – пов'язаний з вивченням природи (природничі або природознавчі науки, природничий або природознавчий факультет).

Прису́тність – стан, коли живі особи перебувають у визначеному місці або системі (присутність студентів/студенток на лабораторному занятті).

Наявність – стан, коли певні речовини або матеріали є в системі, завдяки чому відбуваються хімічні процеси (наявність каталізатора в реакційній суміші).

Прокáтування, прока́тка, прока́т – обробляння металу обтискуванням валами прокатного стану.

Прокáт – металеві заготовки чи вироби, одержані способом прокатування.

Прону́кливість, прону́кливий – зворушливість, чуйність; зворушливий.

Прону́кність, прону́кний – магнітна проникність; водопроникність – здатність просякати водою, прозірність – здатність пропускати світло.

Протя́гом – за певний час, уживають для визначення меж тривалості дії чи явища (протягом року).

На протя́зі – у різкому струмені повітря (не варто стояти на протязі).

Спеціа́льність – окрема галузь науки, техніки, мистецтва, в якій людина працює; основна кваліфікація (технолог за спеціальністю).

Фа́х – уживають з обома значеннями (хімік за фахом, фах технолога).

Ра́зовий – який відбувається чи використовується лише раз (разовий посуд).

Радіа́н – центральний кут, довжина дуги якого дорівнює радіусові цієї дуги.

Радіа́нт – точка небесної сфери, з якої ніби-то виходять видимі траєкторії рою метеорів.

Ра́стр – оптичний прилад, що складається з лінз, дзеркал, призм або системи ліній; світлові рядки на екрані телевізора.

Ра́стра – прилад для графлення нотного паперу.

Ро́стра – 1) краса у вигляді носової частини давнього судна. 2) трибуна на форумі Стародавнього Риму, крашена носами кораблів, захоплених у ворога.

Рахува́ти – визначати кількість, суму чого-небудь (рахувати баланс); називати числа в послідовному порядку (рахувати до ста).

Розраховувати – 1) обчислювати, визначати розмір, кількість чого-небудь; 2) оцінювати, зважувати сили, можливості кого-, чого-небудь; 3) платити, винагороджувати за роботу по її закінченні; 4) пускати, вважати можливим що-небудь; 5) чекати, сподіватися на щось.

Обчислювати – виконувати розрахунки за відомими величинами або формулами для визначення числових значень параметрів хімічних процесів чи властивостей речовин, наприклад: обчислювати масу продукту реакції, концентрацію розчину, теплоту реакції.

Вважа́ти – мати думку, гадати (професор вважав інакше).

Реалісти́чний, реа́льний – який ґрунтується на врахуванні й оцінці справжніх умов дійсності (реалістичний погляд, реалістичний або реальний підхід).

Реалісти́чний – який стосується реалізму, вибудований на принципах реалізму (реалістичне відображення).

Реа́льний – 1) який існує в дійсності, справжній (реальні умови); 2) такий, який можна здійснити, виконати (реальне завдання).

Рекомендаці́йний – який містить у собі рекомендацію (рекомендаційний лист).

Рекомендо́ваний – 1) той, про кого дано позитивний відгук; пропонований; представлений (рекомендована література); 2) відправлений поштою з додатковою оплатою лист.

Рефлекти́вний, рефлексі́вний – який мимовільно, несвідомо реагує на зовнішнє подразнення (рефлексивний чи рефлексивний рух); у мистецтвознавстві – пов'язаний із зміною забарвлення предмета залежно від світла, яке на нього падає (рефлексивні чи рефлексивні відтінки).

Рефлекто́рний – який стосується рефлексу – реакції організму людини чи тварини на зовнішні подразнення (рефлекто́рний акт).

Рефле́кторний – стосується рефле́ктора – увігнутого дзеркала, яке відбиває світло (рефле́кторне світло).

Рефлєксний – пов’язаний з відбиттям якоїсь енергії – світла, радіохвиль (рефлексний фотопапір).

Рідкісний – який трапляється, буває зрідка (рідкісний випадок); який дуже мало трапляється (рідкісноземельні елементи, рідкісна квітка); незвичайний (рідкісна порада).

Рідкий – не густий (рідке тісто); розташований нещільно один за одним (рідкий гребінець) або періодично повторюється через певні проміжки часу тощо (рідкі спалахи).

Робітнік – хто створює матеріальні цінності, працюючи на промисловому підприємстві (робітник заводу); хто належить до робітничого класу; людина, яку найняли для виконання певної роботи (кваліфікований робітник); трудівник.

Працівнік – член якогось виробничого або творчого колективу (керівний працівник); особа, яка бере участь у певному трудовому процесі, працює за певним фахом, у певній галузі (науковий працівник).

Робітничий – який складається з робітників (робітничий клас); належить робітникам (робітнича честь).

Робочий – прикметник від іменника *робота*, стосується роботи (робочий час, робоча гіпотеза).

Робота – 1) стосується обов’язкового виконання якогось завдання (пильна, невідкладна робота), іноді з мусу (нагальна робота); 2) стосується перебігу певного заходу (за час роботи конференції).

Праця – доцільна, свідомо, організована діяльність людей, спрямована на створення матеріальних і духовних благ, необхідних для задоволення суспільних і особистих потреб людей (розумова праця, фізична праця); щоденне виконання певних дій (натхненна праця); літературний твір, наукова робота, витвір мистецтва (наукові праці викладачів університету).

Розв́едений – розв́однений, змішаний з водою (розв́едений розчин).

Розв́одити – розв́оджувати, зменшувати вміст речовини в розчині за допомогою води (розв́одити розчини).

Розді́льний – який розділяє, відокремлює що-небудь (розді́льна здатність).

Розді́льний – 1) який ділиться на послідовні етапи або частини (розді́льне визначення йонів); 2) відокремлений (розді́льне зберігання продуктів); 3) в якому чітко виявляються складові елементи (розді́льна вимова), виразний.

Розп́илений – дієприкметник від *розп́илювати* форсункою, тобто перетворювати на дрібні, як пил, краплі (розпилена рідина).

Розп́іляний – дієприкметник від *розп́іляти* пилюкою (розпиляна сосна).

Розпоро́шений – дієприкметник від *розпоро́шити* (розпорошена речовина).

Розрóbлення – виконання дії, спрямованої на створення чогось нового (розроблення методики).

Розрóbка – основний напрям діяльності, узагальнена назва завершеного проєкту (процесу) створення матеріалу чи технології, наслідок дії (авторська розробка).

Рухóмий – 1) який перебуває в постійному русі (рухома матерія); 2) який переміщається або може бути переміщений з місця на місце (рухоме майно); який міняється (рухомий наголос); 3) який рухається завдяки своїй будові (рухомий механізм).

Руховíй – 1) який стосується руху, пов'язаний з ним (рухові вправи); 2) який приводить щось у рух, керує рухом (руховий нерв).

Рухлúвий – 1) який перебуває в русі, здатний до руху (рухливий потік); 2) повний життєвої сили, жвавий (рухлива дитина); який легко приходить в рух (про частини тіла).

Сапропелít – викопне вугілля, що утворилося внаслідок ущільнення сапропéлю.

Сапропéль – мулисті відклади перегнилих залишків нижчих організмів на дні водойм.

Сафлór – південна трав'яниста рослина родини складноцвітих, з насіння якої одержують олію, а із суцвіть – фарбу; фарба із суцвіть цієї рослини.

Сафрóл – жовтувата рідина, складова частина деяких видів ефірних олій, що використовується в парфумерії.

Селектíвний – здатний робити вибір (селективні розчинники); ґрунтується на селективності (селективні властивості).

Селекцiйний – пов'язаний із селекцією (селекційні дослід); який займається селекцією (селекційна станція); одержаний внаслідок селекції (селекційні сорти).

Сепарáторний – призначений для виробництва сепараторів (сепараторний цех), місце для сепарування молока (сепараторний пункт).

Сепарацiйний – який стосується процесу сепарації (сепараційний спосіб виробництва), призначений для неї (сепараційний цех).

Серпантún – згорнута в рулончик вузька й довга стрічка з кольорового паперу, яку кидають на присутніх під час балів, маскарадів, а також прикрашають нею зал; у переносному значенні – звивиста (переважно гірська) дорога.

Серпентún – смугастий мінерал класу силікатів зеленого кольору, зміювик.

Систémний – який стосується системи, є її складником (системний аналіз, опис); який ґрунтується на системі (системне дослідження, планування).

Систематичний – побудований, упорядкований за певною системою; який спирається на певну систему (систематичні заняття), постійний (систематичний контроль).

Систематизований – ведений у систему (систематизований збірник).

Складальний – призначений для складання машин, устаткування (складальний цех).

Збиральний – який стосується збирання сільськогосподарських культур, призначений для збирання врожаю (збиральні роботи, збиральний інвентар).

Складати – розміщувати що-небудь у певному порядку, в одному місці (складати посуд у шафі); збирати до купи що-небудь, монтувати (складати іграшку).

Становити – утворювати певну суму, кількість (сума чисел становить 100, вміст домішок у сировині становить 5 %).

Солоний – 1) який містить у собі сіль, насичений сіллю (солонна вода), має смак солі (солоний огірок); 2) у переносному значенні – виразний, дотепний, але грубий (солоний жарт).

Солений – 1) дієприкметник від *солити* (солоне сало); 2) прикметник – приготовлений солінням (солена риба).

Соляний – який містить у собі сіль; пов'язаний із добуванням солі (соляні промисли); пристосований для обробки, зберігання, транспортування солі (соляний чан).

Соляний – уживають у складі хімічних термінів – тривіальних назв соляної кислоти і відповідних солянокислих солей.

Спроба, проба – дослід, випробування властивостей, якості чогось і результат такого випробування (робити пробу, брати на пробу).

Проба – 1) частина чогось, узята для дослідження (брати пробу); 2) кількість благородного металу у сплаві (висока проба).

Спроба – намагання зробити щось за відсутності впевненості у досягненні успіху (спроба виконати завдання).

Сталагміт – конічний мінеральний (переважно вапняковий) наріст на дні печери, галереї (конусом угору).

Сталактіт – конічний мінеральний (переважно вапняковий) наріст на стелі печери, галереї (конусом униз).

Сталевий – виготовлений зі сталі (сталеві конструкції).

Стальний – властивий сталі (стальний колір).

Статика – розділ механіки, що вивчає умови рівноваги тіл (теорія статyki).

Статичність – властивість статичного – такого, в якому немає руху, дії, розвитку (статичність зображення, статична ємність йоніту).

Стéпiнь – у математиці добуток кількох однакових співмножників (підносити до степені).

Сту́пінь – 1) порівняльна величина, що характеризує розмір, інтенсивність чогось (ступінь очищення); 2) крок, етап, стадія розвитку (вищий ступінь); 3) складова частина ракети (відпрацьований ступінь ракети); 4) звання, ранг, категорія чогось, вища кваліфікація (науковий ступінь, освітній ступінь магістра).

Стéржень, стрі́жень – предмет, деталь подовженої, циліндричної або чотиригранної форми (стержень авторучки, сталевий стержень, стрижень поршня).

Стрі́жень – 1) головна частина, основа чогось (стрижень дослідження); 2) осьова середня частина чогось у рослинному або тваринному організмі (стрижень пташиного пера).

Структу́ра – будова, організація чогось (структура сталі, структура банку).

Структу́рність – наявність певної структури в чомусь (структурність мінералу).

Суша́рка – пристрій, прилад (рідше – приміщення) для сушіння.

Суша́рня, сушúльня – приміщення для сушіння.

Схо́жий, поді́бний – який має спільні або подібні риси з ким-, чим-небудь (схожі або подібні між собою).

Поді́бний – 1) такий самий, такий, як той про кого йде мова (результати подібні до стандартних даних); 2) математичний термін (подібні многогранники).

Такі ж, такі са́мі – прикметник, що означає подібність, схожість.

Такі – займенник, що використовують у переліку чогось.

Тахо́метр – прилад, яким вимірюють кутову швидкість обертового тіла.

Тахі́метр – прилад для вимірювання швидкості течії води.

Тахе́метр – геодезичний інструмент, який застосовують у землемірних зйомках.

Тверді́ти – ставати твердим (алебастр твердіє швидко).

Тверді́шати – ставати твердішим (алебастр здатний щохвилини твердішати).

Тве́рднути – перетворюватися на тверде тіло, переходити у твердий стан.

Те́ма – коло життєвих явищ, подій, предмет, що становлять зміст розмови, розповіді, твору, дослідження тощо (актуальна наукова тема); основний мотив музичного твору (тема симфонії).

Тема́тика – сукупність тем (сучасна наукова тематика).

Тензиметрі́я – вимірювання тиску пари.

Тензо́метрія – вимірювання деформацій у твердих тілах.

Терезу́ – важільні ваги (як назву сузір'я Терези пишуть з великої літери).

Типов́ий – стандартний, зразковий, прийнятний для всіх установ підприємств (типовий статут, типовий проєкт).

Типо́вий – 1) який має ознаки, властиві якій-небудь сукупності осіб, явищ, предметів (типовий неметал); 2) який часто зтрапляється, характерний для когось, чого-небудь (типова помилка); 3) який виявляє загальне в індивідуальному (типова ознака).

Транспортёр – пристрій для безперервного переміщення вантажів на невелику відстань, конвеєр; багатоосьова залізнична платформа для перевезення великовагових вантажів.

Транспортёр – креслярський прилад.

Трансформаційний – який стосується трансформації (трансформаційна апаратура).

Трансформаторний – який стосується трансформатора (трансформаторна лінія).

Трива́лий – процес, що довго триває в часі.

Тривкі́й – міцний, сталий, що не піддається змінам.

Ува́га – зосередження думки або зору, слуху на якомусь об'єкті (загострювати увагу); хильне, доброзичливе ставлення до когось, чогось (оточити увагою).

Ува́жність – вияв уваги (робота потребує уважності); уважне ставлення до когось, чогось (уважність до людей).

Укладáти, вкладáти – впорядковувати чи пакувати речі, вкладати душу в пісню, укладати дитину спати.

Укладáти – офіційно домовлятися про щось, визначаючи умови, укладати угоду; складати, упорядковувати словники, збірники тощо; накреслювати плани.

Управлі́ння – 1) керівництво (управління експериментальним цехом); 2) керування (керування автомобілем); 3) адміністративна установа або відділ якоїсь організації, установи, що відає певною галуззю господарської, наукової, військової та іншої діяльності (управління метеослужби).

Правлі́ння – 1) час, період, протягом якого певна особа здійснює верховну владу над кимось (президентське правління); форма керівництва (парламентське правління); 2) виборний орган, апарат, що керує установою, організацією, підприємством, керівництво (правління кооперативу).

Устано́ва – організація, що відає якоюсь галуззю господарства, торгівлі, науки, культури і працює в цій галузі – урядова, політична, торговельна, наукова, дослідна, проєктна тощо (академія, інститут, бюро).

За́клад – організація, яка провадить переважно оздоровчу, навчально-виховну, культурно-освітню діяльність (поліклініка, санаторій, університет, школа, клуб, музей).

Уява – здатність уявляти – змальовувати, створювати, відтворювати щось у думках (творча уява), свідомості (хвора уява); фантазування (сила уяви); думка, свідомість, фантазія.

Уявлення – 1) знання, розуміння чогось, яке ґрунтується на попередньому досвіді (давні уявлення про будову атома); 2) створення у своїх думках, свідомості будь-яких картин, образів, дій (помилкове уявлення, наївні уявлення); 3) чуттєво-наочний образ предметів або явищ дійсності, що зберігається і відтворюється у свідомості людини поза безпосереднім впливом їх на органи чуття.

Факт – дійсна, невигадана подія, явище, приклад (неспростовний факт); те, що слугує підтвердженням якогось положення, висновку (очевидний факт).

Фактор – умова, рушійна сила, причина будь-якого процесу, явища (температурний фактор); чинник (моральний фактор).

Фармація, фармацевтика – наука, що вивчає питання синтезу, обробки, виготовлення, стандартизації, зберігання та відпускання лікарських засобів.

Фармакологія – наука, що вивчає дію ліків на організм і встановлює методи й принципи їх застосування.

Формівка, формування – надання будь-чому певної форми (формування крони дерева); виготовлення чого-небудь з використанням форми (формування, формівка деталі); розміщення чогось у певному порядку (формування поїзда).

Формування – вироблення певних якостей, рис характеру (формування переконань); організація якогось органу, підрозділу з певної кількості учасників (формування уряду).

Характёрний – властивий певній особі, предмету, явищу, притаманний багатьом (характерний рух); типовий, своєрідний, специфічний тощо (характерне явище, характерна вимова).

Харáктерний – який має твердий, вольовий характер; упертий, примхливий, сердитий (харáктерна людина).

Характеристічний – який впливає з характеру когось, чогось; характеризує когось, щось; характерний (характеристична ознака чи прикмета).

Хéмі..., хéмо... – перші частини складних слів, що відповідають поняттям «хімія», «хімічний процес» (пишемо разом: хемілюмінесцентний, хемосинтез, хемосорбція, хемотерапія).

Хім... – перша частина складних слів, що відповідає слову *хімічний* (пишемо разом: хімлабораторія, хімволокно).

Хіміко-... – перша частина складних слів, що відповідає слову *хімічний* (пишемо через дефіс: хіміко-бактеріологічний, хіміко-металургійний).

Хіміо... – перша частина складних слів, що означає *належність до хімії* або хімічних процесів (пишемо разом: хіміосинтез, хіміотоксичний).

Хітún – природний нітрогенвмісний полісахарид, який утворює зовнішній твердий покрив членистоногих, комах, оболонки грибів, деяких водоростей і бактерій.

Хітón – лляний чи вовняний одяг вільного крою у давніх греків; балетний одяг без рукавів.

Хітónи – ряд панцирних молюсків.

Цегéльний – який виробляє цеглу, призначений для її виробництва (цегельний завод, цегельна глина).

Цеглянúй – виготовлений, зроблений з цегли (цегляна стіна).

Цеглястий, цеглúстий, цегляний – який нагадує колір цегли; жовто-червоний (цегляний колір, цегляста фарба, цеглистий відтінок).

Целюлóза – високомолекулярний вуглевод, клітковина рослин.

Целюлáза – фермент, під дією якого гідролізує целюлозу (міститься в грибах, бактеріях).

Цільний, цілісний – збігаються в значенні – який має внутрішню єдність, сприймається як єдине ціле.

Цільний – який складається з однієї речовини, з одного шматка чогонебудь, суцільний (виріб із цільного дерева).

Чадúти, чáдіти – виділяти чад, напускати чаду (лампа чадить, гніт чадів).

Чáдіти – отруюватися чадом.

Частúнка, чáстка – збігаються в значенні – частина від цілого (частинка яблука, масова частка).

Чáстка – найменша структурна одиниця речовини, атома тощо.

Частотá – 1) властивість і стан частого (частота землетрусів); 2) число рухів, коливань, повторень за одиницю часу (частота коливань маятника, струм високої частоти).

Частótність – показник частоти (частотність уживання слів).

Чисéльний – стосується числа, числового виразу (чисельний аналіз, чисельна перевага).

Числénний – наявний у великій кількості (численні експерименти).

Шаблónний – позбавлений оригінальності, стандартний (шаблонна відповідь).

Шаблонóвий – виготовлений за певним шаблоном, який є шаблоном.

Швúдко – прислівник, що виражає інтенсивність руху, процесу (швидко обертатися, швидко їздити, швидко думати).

Скóро – прислівник із часовим значенням – через деякий час, невдовзі, незабаром (скоро почнеться лекція).

Ширинá – протяжність чогось у поперечнику (ширина полотна).

Широтá – 1) властивість широкого (широта кругозору); 2) відстань від екватора по меридіана, виражена в градусах (клімат різних широт).

Шліф – тонка пластинка мінералу або гірської породи, відшліфована для мікроскопічного дослідження.

Шліх – зернятка важких мінералів, одержані після промивання гірської породи.

Щільний – такий, складові частини якого міцно з'єднані між собою (ґратка зі щільною упаковкою).

Щільний, тісний – який складається з осіб, предметів, розташованих недалеко одне від одного (щільне або тісне коло друзів).

Тісний – такий, у якому мало вільного місця, недостатньо просторий (тісне приміщення); який має менший, ніж потрібно, розмір (тісне взуття); близькі, спільні взаємини, стосунки (тісні контакти).

Являти собою – вживають як зв'язку в складеному присудку (наука являє собою певну систему ідей, положень тощо). Проте в такому значенні рекомендовано вживати дієслова становити, бути у відповідних формах (наука є певною системою ідей).

Являтися – з'являтися, ставати наявним; ходити куди-небудь; показуватися де-небудь, виникати; виринати, привиджуватися.

Бути – у ролі зв'язки у складеному судку (бути дослідженим); існувати (бути в природі).

Якій – займенник, що стосується означення.

Котрій – стосується числівників (котрий за рахунком, котра година).

Якість – 1) внутрішня визначеність предмета, яка становить специфіку, що відрізняє його від усіх інших; 2) ступінь вартості, цінності, придатності чого-небудь для його використання за значенням; 3) характерна ознака, риса кого-, чого-небудь; 4) сукупність характеристик продукції або послуг щодо її здатності задовольнити встановлені та передбачені норми.

Якісний – прикметник від **якість** (якісні показники, якісний аналіз; якісні прикметники).

Якісно – прислівник до **якісний** (якісно новий метод).

Якийсь, деякий – конкретно, точно не визначений.

Який-небудь – на вибір із безмежності чисел.

Будь-який – на вибір із множини хімічних елементів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальна хімічна технологія / В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 540 с.
2. Загальна хімічна технологія. Промислові хіміко-технологічні процеси. Навчальний посібник. Іванов С.В., Манчук Н.М., Борсук П.С. // К.: Вид-во «НАУ-друк», 2010.- 280 с.
3. Солтис М.М., Закордонський В.П. Теоретичні основи процесів хімічної технології /Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003.
4. Хімічна технологія. Гончаров А.І., Серeda І.П. (у 2-х част.). // Київ, ГВВО «Вища школа», 1980.
5. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Князькова Т.В., Гвоздяк П.І. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. – К.: Лібра, 2000.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

До практичних занять:

1. Забава Л.К., Цебрєнко М.В. Методичні рекомендації для самостійної роботи підготовки до лабораторних занять з курсу «Загальна хімічна технологія» / КОПІ - Центр НаУКМА, - Київ, - 2005, - 51 с.
2. Гончаров А.І., Михайленко В.П. Хімічна технологія. Практикум. // Київ, ГВВО «Вища школа», 1982.
3. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології (теорія та практикум). // Київ, Вид-во «Лібра», 2000.
4. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Практикум із загальної екології. // Київ, вид-во «Либідь», 1997.
5. Ведь В.Є. та ін. Методичні вказівки до лабораторних робіт «Процеси хімічної технології» з курсу «Загальна хімічна технологія» / Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут». – 2002.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Нормативні документи

1. Закон України «Про вищу освіту» № 1556-VII (2014). Верховна Рада України. <https://zakon.rada.gov.ua/>
2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1314-VII (2014). Верховна Рада України. <https://zakon.rada.gov.ua/>
3. Міністерство освіти і науки України. (2019). Стандарт вищої освіти за спеціальністю 102 «Хімія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (Наказ № 563 від 24.04.2019). <https://mon.gov.ua/>
4. Міністерство освіти і науки України. (2020). Стандарт вищої освіти за спеціальністю 102 «Хімія» для другого (магістерського) рівня вищої освіти (Наказ № 381 від 04.03.2020). <https://mon.gov.ua/>
5. McGraw-Hill. (2014). McGraw-Hill dictionary of scientific and technical terms (7th ed.). McGraw-Hill Education.

Словники:

1. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) [уклад. В.Т. Бусел]. – К., Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005. – 1728 с.
2. Українсько-російський словник наукової термінології [ред. Л.О. Симоненко]. – К., Ірпінь: ВТФ «Перун», 2004. – 416 с.
3. Українсько-російський словник [уклад: Г.П. Їжакевич та ін.]. – К.: Наук. думка, 2004. – 1008 с.
4. Вихованець І. Теоретична морфологія української мови: Академ. граматика укр. мови / І. Вихованець, К. Городенська. – К.: Унів. вид-во, «Пульсари», 2004. – 400 с.
5. Великий зведений орфографічний словник сучасної української лексики [уклад. В.Т. Бусел]. – К., Ірпінь: ВТФ «Перун», 2003. – 896 с.
6. Російсько-український словник наукової термінології: Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та космос [В.В. Гейченко, В.М. Завірюхіна, О.О. Зеленюк та ін.]. – К.: Наук. думка, 1998. – 892 с.
7. Караванський С. Російсько-український словник складної лексики / Караванський С. – К.: Видавничий центр «Академія», 1998. – 712 с.
8. Українсько-англійсько-німецько-російський словник фізичної лексики [Козирський В., Шендеровський В.]. – К.: Рада, 1996. – 932 с.

9. Паламар Л.М. Мова ділових паперів: Практичний посібник / Л.М. Паламар, Г.М. Кацавець. – К.: Либідь, 1996. – 208 с.
10. Російсько-український технічний словник [уклад. Д. Коновалюк]. – Луцьк.: ВІЗОР, 1993. – 1047 с.
11. Підмогильний В. Російсько-український фразеологічний словник / В. Підмогильний, Є. Плужник. – К.: УКСП «Кобза», 1993. – 248 с.
12. Тараненко О.О. Російсько-український словник для ділових людей / О.О. Тараненко, В.М. Брицин. – К.: Укр. письменник, 1992.-214 с.
13. Російсько-український математичний словник [уклад. Ф.С. Гудименко та ін.]. – Харків: ХДУ, Вид-во «Основа» 1990 – 155 с.
14. Російсько-український фізичний словник [уклад. В.В. Гейченко та ін.]. – Харків: ХДУ, Вид-во «Основа» 1990 – 211 с.
15. Російсько-український хімічний словник [уклад. Є.Ф. Некряч та ін.]. – Харків: ХДУ, Вид-во «Основа» 1990 – – 190 с.
16. Словник-довідник з правопису та слововживання [уклад. Головащук С.І.]. – К.: Наукова думка, 1989. – 832 с.
17. Словник труднощів української мови [ред. С.Я. Єрмоленко]. – К.: Радянська школа, 1989. – 336 с.
18. https://slovnyk.ua/pravopys.php?prav_par=168
19. <https://slovnyk.ua/index.php>
20. [Етимологічний словник української мови Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні НАН України](#)
21. Академічний тлумачний словник (1970—1980) <https://sum.in.ua/>
22. Словник української мови ONLINE. Томи 1-11
<http://test.ulif.org.ua:8000/expl/?wordid=38319&page=1>
23. Електронні словники/цифрові лексикографічні системи української мови (серія «Цифрове лексикографічне надбання України»)
<https://github.com/LinguisticAndInformationSystems/mphdict/wiki>
24. Тлумачний словник української мови
<https://slovnyk.ua/index.php?swrd=%D0%B2%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82>
25. <http://kultura-movy.wikidot.com/vybir-slova>
26. [правопис Української мови \(редакція 2019 р.\)](#)
27. Національний освітній глосарій. (2024). Національний освітній глосарій: Вища освіта. Erasmus+. <https://erasmusplus.org.ua/>

ДОДАТОК А

Умовні позначення та назви одиниць виміру фізичних величин

<i>Умовне позначення</i>	<i>Назва фізичної величини</i>	<i>Одиниця виміру</i>
<i>t, τ</i>	час (тривалість)	с
<i>η, η%</i>	вихід продукту (масова частка виходу)	-
<i>P</i>	тиск	кПа, мм рт. ст., бар, атм.
<i>n</i>	кількість речовини	моль
<i>m</i>	маса	г, кг, т
<i>w, w%</i>	масова частка, масова частка, виражена у відсотках	%
<i>c</i>	молярна концентрація	моль/л
<i>M</i>	молярна маса	г/моль
<i>V_m</i>	молярний об'єм	л/моль
<i>V</i>	об'єм	л, мл, см ³ , дм ³ , м ³
<i>φ, φ%</i>	об'ємна частка об'ємна частка, виражена у відсотках	%
<i>M_r</i>	відносна молекулярна маса	-
<i>D(H₂), D_{H₂}</i>	відносна густина за воднем	-
<i>D(n)</i>	відносна густина за повітрям	-
<i>ρ</i>	густина	г/мл, г/л, г/см ³
<i>N_A</i>	Стала Авогадро (6,02·10 ²³ моль ⁻¹)	моль ⁻¹
<i>υ</i>	Швидкість реакції	моль/(л·с)
<i>T</i>	температура за шкалою Кельвіна	К
<i>t</i>	температура за шкалою Цельсія	°С
<i>Q</i>	тепловий ефект реакції	кДж
<i>ΔH</i>	зміна ентальпії	кДж

ДОДАТОК Б

Довідникові числові значення необхідні для розрахунків

Молярний об'єм ідеального газу за нормальних умов (T_0, P_0):

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль} = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль}. \quad (1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 1000 \text{ мл}).$$

Температура за нормальних умов:

$$T_0 = 273,15 \text{ К} = 0 \text{ }^\circ\text{С} = 32 \text{ }^\circ\text{F}.$$

Тиск за нормальних умов:

$$P_0 = 101,325 \text{ КПа} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ атм} = 1,01325 \text{ бар}.$$

Температура за стандартних умов:

$$T_0 = 298,15 \text{ К} = 25 \text{ }^\circ\text{С} = 77 \text{ }^\circ\text{F}.$$

Тиск за стандартних умов:

$$P_0 = 100 \text{ КПа} = 750 \text{ мм рт. ст.} = 0,9869 \text{ атм} = 1,00000 \text{ бар}.$$

Газова стала:

$$R = 8,31 \text{ Дж/}(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

якщо об'єм газу вимірюють у м³, а тиск – у Па;

$$R = 0,082 \text{ атм} \cdot \text{л/}(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

якщо об'єм газу – у л, а тиск – у атм;

$$R = 62400 \text{ мм рт. ст. мл/}(\text{моль К}),$$

якщо об'єм газу – у мл, а тиск – у мм рт. ст.

Періодична система хімічних елементів

1 IA	2 IIA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H Гідроген 1,008																	2 He Гелій 4,0026
3 Li Літій 6,94	4 Be Берилій 9,0122											5 B Бор 10,81	6 C Карбон 12,011	7 N Нітроген 14,007	8 O Оксиген 15,999	9 F Флуор 18,998	10 Ne Неон 20,180
11 Na Натрій 22,990	12 Mg Магній 24,305											13 Al Алюміній 26,982	14 Si Силіцій 28,085	15 P Фосфор 30,974	16 S Сульфур 32,06	17 Cl Хлор 35,45	18 Ar Аргон 39,948
19 K Калій 39,098	20 Ca Кальцій 40,078	21 Sc Скандій 44,956	22 Ti Титан 47,867	23 V Ванадій 50,942	24 Cr Хром 51,996	25 Mn Манган 54,938	26 Fe Ферум 55,845	27 Co Кобальт 58,933	28 Ni Нікель 58,693	29 Cu Купрум 63,546	30 Zn Цинк 65,38	31 Ga Галій 69,723	32 Ge Германій 72,630	33 As Арсен 74,922	34 Se Селен 78,971	35 Br Бром 79,904	36 Kr Криптон 83,798
37 Rb Рубідій 85,468	38 Sr Стронцій 87,62	39 Y Ітрій 88,906	40 Zr Цирконій 91,224	41 Nb Ніобій 92,906	42 Mo Молибден 95,95	43 Tc Технецій	44 Ru Рутеній 101,07	45 Rh Родій 102,91	46 Pd Паладій 106,42	47 Ag Аргентум 107,87	48 Cd Кадмій 112,41	49 In Індій 114,82	50 Sn Станум 118,71	51 Sb Стибій 121,76	52 Te Телур 127,60	53 I Йод 126,90	54 Xe Ксенон 131,29
55 Cs Цезій 132,91	56 Ba Барій 137,33	57-71 Лантаноїди	72 Hf Гафній 178,49	73 Ta Тантал 180,95	74 W Вольфрам 183,84	75 Re Реній 186,21	76 Os Осмій 190,23	77 Ir Іридій 192,22	78 Pt Платина 195,08	79 Au Аурум 196,97	80 Hg Меркурій 200,59	81 Tl Талій 204,38	82 Pb Плюмбум 207,2	83 Bi Бісмут 208,98	84 Po Полоній	85 At Астат	86 Rn Радон
87 Fr Францій	88 Ra Радій	89-103 Актиноїди	104 Rf Резерфордій	105 Db Дубній	106 Sg Сіборгій	107 Bh Борій	108 Hs Гасій	109 Mt Майтнерій	110 Ds Дармштадтій	111 Rg Рентгеній	112 Cn Коперніцій	113 Nh Ніхоній	114 Fl Флеровій	115 Mc Московій	116 Lv Ліверморій	117 Ts Теннессин	118 Og Оганесон



I U P A C
International Union of Pure and Applied Chemistry

57 La Лантан 138,91	58 Ce Церій 140,12	59 Pr Празеодим 140,91	60 Nd Неодим 144,24	61 Pm Прометій	62 Sm Самарій 150,36	63 Eu Європій 151,96	64 Gd Гадоліній 157,25	65 Tb Тербій 158,93	66 Dy Диспрозій 162,50	67 Ho Гольмій 164,93	68 Er Ербій 167,26	69 Tm Тулій 168,93	70 Yb Ітербій 173,05	71 Lu Лютецій 174,97
89 Ac Актиній	90 Th Торій 232,04	91 Pa Протактиній 231,04	92 U Уран 238,03	93 Np Нептуній	94 Pu Плутоній	95 Am Америцій	96 Cm Кюрій	97 Bk Берклій	98 Cf Каліфорній	99 Es Ейнштейній	100 Fm Фермій	101 Md Менделевій	102 No Нобелій	103 Lr Лоуренсій

Р. Гладішевський, 2020