

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАТВЕРДЖЕНО

Навчально-методичною комісією

Протокол № 16 від « 17 » 02 2022 р.

Голова НМК

Ольга ЛІНЮЧЕВА

Голова атестаційної комісії

Ольга ЛІНЮЧЕВА

2022 р.

«

М.П.

**ПРОГРАМА**

**комплексного фахового випробування**

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки магістра  
«Хімічні ресурсоефективні технології неорганічних, органічних речовин,  
матеріалів та покриттів»

*за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія*

Програму рекомендовано:

Хіміко-технологічним факультетом

Протокол № 6 від « 17 » « 02 » 2022 р.

Декан Ольга ЛІНЮЧЕВА

Інженерно-хімічним факультетом

Протокол № 8 від « 24 » « 01 » 2022 р.

Декан Євген ПАНОВ

Київ – 2022

## ВСТУП

Прийом на навчання на освітню-наукову програму підготовки магістра -хі за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» проводиться для вступників, що здобули перший (бакалаврський) рівень вищої освіти за освітніми програмами спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», а також споріднених спеціальностей.

Метою комплексного фахового випробування є оцінювання рівня знань абітурієнтів з дисциплін, що мають найбільш важливе значення для формування фахових компетентностей. Комплексне фахове випробування за формою являє собою письмовий екзамен з наступних дисциплін:

1. Теоретична електрохімія.
2. Технічна електрохімія.
3. Загальна хімічна технологія.
4. Теоретичні основи хімії і технології водопідготовки.
5. Хімічна технологія неорганічних речовин.
6. Наповнювачі для полімерних і композиційних матеріалів.
7. Зв'язуючі для композиційних матеріалів та основи проектування їх складу.
8. Конструкційні матеріали на основі мінеральних та полімерних зв'язуючих.
9. Хімічна технологія кераміки.
10. Хімічна технологія скла.
11. Органічна хімія.
12. Фізична хімія.
13. Механізми органічних реакцій.
14. Хімічна технологія косметичних засобів та харчових добавок.

З усіх курсів програма містить перелік теоретичних запитань, які необхідно засвоїти для виконання комплексного фахового випробування.

Комплексне фахове випробування триває 180 хвилин без перерви. До екзаменаційних білетів включено по три питання із фахових дисциплін, які охоплюють різнопланові теоретичні і практичні питання. Приклад екзаменаційних білетів наведений наприкінці програми.

# ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

## ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОХІМІЯ

Рівноважні та не рівноважні явища в розчинах.

Предмет та зміст електрохімії. Предмет та зміст електрохімії. Відмінність електрохімічних процесів від хімічних. Поняття про електрохімічну систему. Складові частини електрохімічних систем та їх можливий стан. Види електрохімічних систем. Короткі історичні відомості про розвиток електрохімії. Основні області застосування електрохімії та перспективи її розвитку. Роль електрохімії в розв'язанні проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

Хімічна дія електричного струму. Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід за струмом. Кулометри.

Теорія електролітичної дисоціації. Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації. Зв'язок між константою та ступенем дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.

Взаємодія між електролітом та розчином. Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів. Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахунок. Співвідношення енергії ґратки з теплою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна.

Зв'язок енергії сольватації (гідратації) з властивостями іонів. Визначення енергій гідратації окремих іонів. Ентропії гідратації та числа гідратації. Роль діелектричної проникності в явищах дисоціації електролітів.

Протолітична теорія кислот та основ. Рівняння Бренстеда. Сучасні тенденції в розвитку вчення про рівновагу в розчинах електролітів.

Теорія міжіонної взаємодії. Активність та коефіцієнт активності. Вираз складу розчину через активності та концентрації. Загальна та середня активність електроліту. Середній коефіцієнт активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності. Іонна сила розчинів.

Основи теорії міжіонної взаємодії. Модель розчину по Гхошу і Дебаю-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля. Припущення, покладені в основу теорії Дебая-Гюккеля.

Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом. Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності.

Електропровідність розчинів електролітів. Загальна характеристика нерівноважних явищ в розчинах електролітів. Шляхи доставки речовини до поверхні електрода. Електропровідність електролітів. Основні поняття.

Визначення понять "молярна" та "питома" електропровідність. Зв'язок між ними. Рухливість іонів та електричні числа переносу іонів. Принципи експериментального визначення електропровідності чисел переносу та іонних рухливостей.

Експериментальні дані по електропровідності. Вплив концентрації, температури, тиску на електропровідність розчинів електролітів. Закони Кольрауша. Зв'язок електропровідності з властивостями електролітів та природою розчинника. Правило Вальдена-Писаржевського. Кондуктометрія.

Теоретична інтерпретація електропровідності електролітів. Класична (гідродинамічна) теорія електропровідності. Основні положення теорії електропровідності Дебая-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Удосконалення теорії Дебая-Онзагера. Формула Шидловського. Ефект Віна та дисперсія електропровідності. Кінетична теорія електропровідності. Прототропна теорія електропровідності кислот та основ.

Дифузія в розчинах електролітів. Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона. Методи обчислення дифузійного потенціалу на межі розчинів різної концентрації та з різною рухомістю іонів. Методи його зниження.

Термодинаміка електрохімічних систем. Основні термодинамічні функції. Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції. Тепловий ефект електрохімічної реакції. Корисна робота електрохімічних систем у незворотних умовах.

Рівноважні електродні потенціали. Термодинамічне трактування рівноважних електродних потенціалів. Термодинамічна формула для розрахунку рівноважного електродного потенціалу. Умовний характер величини електродного потенціалу. Воднева шкала потенціалів. Міжнародна конвенція про ЕРС та електродні потенціали.

Класифікація електродів. Електроди першого, другого роду. Газові електроди. Окислювально-відновні електроди. Правило Лютера. Іоноселективні електроди. Стандартні електроди. Використання стандартних потенціалів для оцінки термодинамічної можливості протікання електрохімічних процесів.

Електрохімічні кола. Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Потенціометрія та її використання при проведенні електрохімічних досліджень.

Теорія виникнення електродного потенціалу та ЕРС. Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу. Осмотична теорія Нернста. Сольватаційна теорія Писаржевського-Ізгаришева та її розвиток.

Кінетика електродних процесів

Електрокапілярні та електрокінетичні явища. Загальна характеристика електрокапілярних явищ. Поверхнева, або погранична фаза, поверхневий надлишок. Метод електрокапілярних кривих. Види адсорбції. Типи поверхнево-активних речовин.

Основи теорії електрокапілярних явищ. Перше та друге рівняння Ліппмана. Формула Гіббса та основне рівняння електрокапілярності. Ємкісні вимірювання. Розрахунок адсорбційних характеристик ПАР за даними електрокапілярних вимірювань. Ізотерми адсорбції ПАР

Нульові точки металів. Потенціал нульового заряду і нульові точки металів. Методи визначення нульових точок. Абсолютна і зведена шкали потенціалів. Використання зведеної шкали потенціалів у електрохімії.

Будова подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт. Дослідні закономірності, на яких засновані сучасні теорії будови подвійного електричного шару. Електрокінетичні явища. Теорія конденсованого подвійного шару. Теорія подвійного дифузійного шару. Адсорбційна теорія подвійного шару. Модель Грема. Будова подвійного електричного шару на межах напівпровідник-розчин, метал-розплав.

Ознаки та характеристики нерівноважних електродних процесів. Основні ознаки та характеристики рівноважних та нерівноважних електродних процесів. Рівноважний потенціал і струм обміну. Компромісний потенціал і компромісний струм. Потенціал під струмом. Електрорушійна сила поляризації.

Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Вихід речовини за струмом. Відхилення від законів Фарадея. Закони Фарадея і швидкість електрохімічних процесів. Електроаналіз. Кулонометрія

Загальна характеристика кінетики електродних процесів. Мета та завдання кінетики електродних процесів. Стадійність електродних процесів. Сповільнена, або лімітуюча стадія електрохімічної реакції. Електродна поляризація та електродна перенапруга. Види електродної перенапруги та класифікація поляризаційних явищ. Внутрішні та зовнішні фактори, які впливають на швидкість електрохімічної реакції. Метод поляризаційних кривих та його використання при вивченні кінетики електродних процесів.

Дифузійна перенапруга. Загальна характеристика дифузійної перенапруги. Причини виникнення дифузійної перенапруги. Термодинамічний метод опису дифузійної перенапруги. Шляхи доставляння реагуючих частинок до поверхні електрода. Теорія дифузійної перенапруги без урахування конвекції (теорія Нернста-Бруннера). Виведення рівняння, яке зв'язує дифузійну перенапругу та густину катодного струму. Поляризаційний опір при дифузійній перенапрузі. Гранична катодна дифузійна густина струму. Виведення рівняння, яке зв'язує дифузійну перенапругу і анодну густину струму. Теорія дифузійної перенапруги з урахуванням конвективної дифузії. Практично важливі випадки конвективної дифузії. Обертний дисковий електрод та електрод з кільцем Шар Прандтля. Обертний дисковий електрод та дисковий електрод з кільцем. Основи полярографії. Рівняння Ільковича. Рівняння Гейровського-Ільковича. Полярографічні максимуми. Використання метода полярографії в електрохімії. Нестационарна дифузія.

Реакційна (хімічна) перенапруга. Загальна характеристика реакційної перенапруги, її значення в електрохімії. Теорія реакційної перенапруги в умовах сповільненості гетерогенної хімічної реакції. Виведення основного рівняння, яке зв'язує реакційну перенапругу та густину струму. Поляризаційний опір в умовах реакційної перенапруги. Формула Тафеля. Гранична реакційна густина струму. Реакційна перенапруга в умовах сповільненості гомогенної хімічної. Приклади реакцій, у яких загальмована гомогенна хімічна стадія. Концепція реакційного шару та її використання для розрахунків кінетичних характеристик електрохімічних реакцій.

Електрохімічна перенапруга. Загальна характеристика та природа електрохімічної перенапруги. Основи теорії електрохімічної перенапруги, яка не враховує структуру подвійного електричного шару. Виведення основного рівняння електрохімічної перенапруги. Три окремі випадки цього рівняння. Формула Тафеля при сповільненості електрохімічної стадії, розрахунок її констант.

Теорія електрохімічної перенапруги, яка враховує структуру подвійного шару.

Вплив структури подвійного електричного шару на межі між електродом та електролітом на швидкість перебігу електродних реакцій. Виведення рівняння електрохімічної перенапруги, яке враховує структуру подвійного шару. Формула електрохімічної перенапруги Фрумкіна та її застосування до процесу катодного виділення водню з кислих і лужних електролітів. Розвиток теорії електрохімічної перенапруги. Теорія реорганізації розчинів.

Основні кінетичні характеристики електрохімічної стадії. Струм обміну і коефіцієнт переносу. Порядок електрохімічних реакцій і стехіометричні числа. Звичайний, безбар'єрний та безактиваційний процеси. Стадійність електрохімічного акту. Критерії стадійності електрохімічної стадії.

Фазова перенапруга. Фазові перетворення в електрохімічних процесах. Загальна характеристика фазових перетворень. Формула Томсона. Специфіка фазових перетворень в електрохімічних процесах. Зародження нової фази. Тривимірні та двовимірні зародки. Вивід рівнянь, які зв'язують фазову перенапругу та густину катодного струму при сповільненні утворення тривимірних та двовимірних зародків. Особливості катодного утворення полікристалічних осадків.

Розвиток теорії фазової перенапруги. Кристалохімічна теорія електрокристалізації. Роль мікроструктури і дефектів поверхні в процесах електрокристалізації. Роль явищ дегідратації в процесах катодного виділення металів. Адатоми і адіони. Поверхнева дифузія при електровиділенні металів.

Складні електродні реакції. Аналіз типових поляризаційних кривих, які відповідають основним видам електрохімічної перенапруги. Накладання концентраційної поляризації на дифузійну, реакційну та електрохімічну перенапруги. Електрохімічне осадження сплавів. Дофазове осадження та електрохімічне впровадження металів. Вплив ПАР на швидкість електрохімічних процесів з різними видами перенапруги. Особливості перебігу електрохімічних процесів у напівпровідникових електродах.

Суміщені електродні реакції. Загальна характеристика і приклади суміщених електродних реакцій. Основні положення теорії суміщених реакцій. Принцип незалежності перебігу суміщених реакцій (ПНПСР). Принцип суперпозиції поляризаційних кривих (ПСПК). Результуючі та часткові (парціальні) поляризаційні криві. Одержання результуючої поляризаційної кривої з часткових та її розклад на часткові поляризаційні криві.

Наукові напрямки розвитку сучасної електрохімії. Загальна характеристика електролізу водних розчинів без виділення металів. Електрохімічні ред-оксі-процеси. Електросинтез органічних сполук. Процеси катодного осадження та анодного розчинення металів. Корозія металів, приклад суміщених електродних реакцій. Електрометалургія і гальванотехніка. Хімічні джерела струму, хімотроніка. Електрохімічні методи аналізу.

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. - К.: Либідь, 1993, 544 с.
2. Електрохімія для студентів технічних університетів: [навчальний посібник] / С.Г. Шейко, М.П. Міхеєва; Донец. нац. техн. ун-т. - Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (донецьке відділення), 2011. – 226с.

### ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОХІМІЯ

#### **Основи процесів осадження і розчинення металів**

Процеси розчинення і осадження металів у промисловості. Осадження та розчинення металів у виробництвах гальваностегії, гальванопластики, гідроелектрометалургії, порошкової металургії та електрохімічної обробки металів (ЕХО).

Вимоги до осадів металів, сплавів та композиційних електрохімічних покриттів (КЕП). Загальні вимоги. Структура металевих осадів: ознаки структури; методи вивчення структури; вимоги до структури осадів у виробництвах. Відсутність пор, пігтингу, тріщин у покриттях. Катодні та анодні металеві покриття, механізм захисної дії металу - основи цими покриттями. Рівномірність за товщиною осадів металів на поверхні, що покривають. Адгезія металу-покриття з металом-основи; фактори, що впливають на міцність зчеплення. Сталість складу і структури сплавів та КЕП за товщиною.

Катодні процеси. Вплив різних чинників на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості. Зв'язок перенапруги виділення металу, його структури і властивостей. Класифікація металів за величиною металічної перенапруги при їх виділенні із розчинів простих солей Вплив компонентів простих кислих і комплексних лужних електролітів, їх концентрації на перенапругу виділення металу, структуру і властивості одержуваного осаду. Механізм дії ПАР на катодне виділення металу. Критерії вибору ПАР для електролітів осадження металів. Блискоутворювачі, їх класифікація і механізм дії.

Вплив умов (режимів) електролізу: густини струму, температури, відносного руху електроліту і електроду, різних режимів поляризуючого струму - на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості.

Сумісне виділення металу і водню. Потенціали металевих електродів у розчинах їх солей та їх значення для процесів електроосадження. Застосування діаграми Пурбе води для прогнозування можливості виділення водню при електроосадженні металів із електролітів.

Сумісний розряд іонів металів і електрохімічне одержання сплавів. Основні закономірності суміщеного розряду іонів різних металів. Вплив різних факторів на електроосадження сплавів.

Композиційні електрохімічні покриття (КЕП) і матеріали. Види композиційних електрохімічних покриттів і сфери їх застосування. Електроліти - суспензії та їх властивості. Порошкові матеріали, що використовуються для одержання КЕП.

Розподіл струму і металу на катодній поверхні. Природа розсіювальної здатності електролітів і механізм перерозподілу струму в них. Вплив різних факторів на розподіл струму і металу. Способи оцінки розсіювальної здатності електролітів.

Адгезія електролітичних осадів металів до поверхні, яка покривається. Фактори, які впливають на адгезію осадів до поверхні, що покривають.

Підготовка поверхні виробів перед осадженням металів. Механічні способи підготовки. Хімічні та електрохімічні способи підготовки поверхні виробів перед осадженням металів. Контактний обмін металів (цементация) в технічній електрохімії. Механізм і кінетика контактного обміну металів (цементация).

Осадження покриттів на легкі метали. Осадження металів на алюміній, магній, титан та їх сплави.

Анодні процеси. Анодна поведінка металів у процесах гальванотехніки, ГЕМ та ЕХО. Використання розчинних і нерозчинних анодів у гальванотехніці, ГЕМ та ЕХО. Анодне розчинення чистих металів і металів, які містять металеві і неметалеві домішки.

Електрохімічне і хімічне полірування. Основи теорії процесів електрохімічного і хімічного полірування. Електрохімічне і хімічне полірування сталі.

Неметалеві покриття, які одержують при анодному розчиненні металу-основи. Загальні відомості. Теорія процесів утворення оксидних і фосфатних плівок на сталі. Механізм утворення анодних плівок на алюмінії та його сплавах.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Якименко Г.Я, Артеменко В.М. Технічна електрохімія, Харків: НТУ «ХП», 2006. – 272 с.
2. Технічна електрохімія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з кредитного модуля «Основи процесів осадження і розчинення металів» // Укл. В.Ф. Панасенко, М.І. Донченко, Т.І. Мотронюк, О.В. Лінючева, С.В. Фроленкова.-Київ:НТУУ «ХП», 2011. – 52 с.



## ЗАГАЛЬНА ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ

Поняття хіміко-технологічного процесу, критерії оцінки ХТП. Зміст і мета вивчення дисципліни "Загальна хімічна технологія". Поняття хімічної технології. Історичний аспект розвитку хімічної технології. Роль хімічної технології в господарському комплексі України. Основні тенденції розвитку хімічних виробництв. Масштаби і асортимент виробництва хімічної продукції.

Класифікація ХТП за комплексом динамічних, хімічних і фазових ознак. Критерії оцінки ефективності ХТС: економічні, соціальні, експлуатаційні, технологічні. Технологічні критерії ефективності ХТП: ступінь перетворення, вихід цільового продукту, селективність, інтенсивність.

Термодинамічний аналіз хіміко-технологічного процесу. Попередній вибір технологічних режимів проведення ХТП, що ґрунтуються на оборотних реакціях за участю газової (рідинної) фази. Температурна залежність енергії Гіббса хімічної речовини і реакції та її розрахунок. Термодинамічний аналіз ХТП, що ґрунтується на оборотних реакціях. Розрахунок рівноважного виходу цільового продукту з використанням різних методів для ХТП, що ґрунтуються на простих та складних оборотних реакціях за участю газової фази. Методи розрахунку рівноважного виходу. Визначення впливу температури, тиску, співвідношення компонентів та рівноважний вихід цільового продукту. Визначення необхідності організації рециклу сировини, проміжного виведення продуктів та інертних компонентів із реакційної суміші. Кількісний вираз принципу Ле Шательє для оборотних реакцій. Розрахунок рівноважного ступеня перетворення та виходу цільового продукту для ХТП, що ґрунтується на складних паралельних або послідовно-паралельних реакціях.

Кінетичний аналіз хіміко-технологічного процесу. Класифікація ХТП. Мікро- і макрокінетика ХТП. Використання кінетичного рівняння для розрахунків показників ХТП. Трансформація змінних кінетичного рівняння. Швидкість реакції та процесу. Порядок реакції та енергія активації. Кінетика ХТП, що ґрунтується на оборотних реакціях. Поняття оптимальної температури ХТП. Розрахунок оптимальної температури з використанням кінетичних констант реакції.

Гомогенні та гетерогенні хімічні процеси. Визначення гомогенного хімічного процесу. Прості реакції (незворотні та зворотні), залежність швидкості простих реакцій від концентрації та ступеня перетворення. Лінія оптимальних температур. Складні реакції. Кінетика гомогенних ХТП, її основні закономірності. Швидкість ХТП, що ґрунтуються на оборотних та послідовно паралельних гомогенних реакціях. Вплив технологічних параметрів (температури, тиску, концентрації компонентів) та швидкості проведення гомогенних ХТП. Методи інтенсифікації гомогенних процесів. Гетерогенні хімічні процеси. Основні положення. Кінетика гетерогенних некаталітичних процесів.

Класифікація гетерогенних некаталітичних ХТП. Основні моделі гетерогенних ХТП. Стадії проходження гетерогенного ХТП. Лімітуюча стадія ХТП. Стаціонарний режим ХТП. Визначення лімітуючої стадії з

використанням температури, швидкості потоку, тонини помелу твердої фази. Області проходження гетерогенного ХТП: зовнішньодифузійна, внутрішньодифузійна, кінетична. Інженерні методи інтенсифікації лімітуючої стадії ХТП. Особливості гетерогенного процесу в системі "газ-рідина".

Каталітичні процеси. Промисловий катализ. Стадії гетерогенно-каталітичного процесу. Особливості проходження гетерогенно-каталітичного ХТП. Технологічні характеристики твердих катализаторів: активність, селективність, робоча температура, каталітичні отрути, питома поверхня, поруватість та інші. Ступінь використання внутрішньої поверхні катализаторів. Кінетичні особливості гетерогенно-каталітичних ХТП. Промислові катализатори (контакти). Кінетика гомогенного каталізу. Конструкції реакторів для каталітичних процесів. Особливості конструкції реакторів для процесів під тиском.

Інтенсифікація каталітичних хіміко-технологічних процесів. Конструктивні особливості реакторів для проведення ХТП різних типів.

Хімічні реактори.

Ідеальні моделі реакторів і їх промислові метаморфози. Температурний режим в реакторах: ізотермічний, адіабатичний, політермічний. Адіабатична зміна температури в реакторі. Особливості розрахунку робочого об'єму адіабатичного реактора. Конструктивні особливості реакторів для підтримання оптимального температурного режиму: ізотермічного, адіабатичного, політермічного.

Конструктивні особливості реакторів для проведення гомогенних і гетерогенних процесів в системах "газ-тверде тіло", "газ-рідина", "рідина-тверде тіло". Особливості конструкції реакторів для каталітичних процесів. Особливості конструкції реакторів для процесів під тиском. Конструктивні особливості реакторів для проведення ХТП різних типів.

Сировинна та енергетична підсистеми ХТС. Сировинні джерела хімічної промисловості. Класифікація сировинних ресурсів. Комплексне використання сировини. Комбіновані хіміко-технологічні системи. Підготовка сировини для ХТП.

Збагачення твердої, рідинної сировини та концентрування (збагачення) газових сумішей. Стандартизація сировини. Проблеми неповної переробки сировини. Відходи виробництва та їх класифікація. Типові схеми знешкодження газових, рідких і твердих відходів виробництва. Енергетичні джерела хімічної промисловості. Раціональне використання енергії. Енерготехнологічний принцип ХТС. Основні технологічні методи утилізації вторинних енергоресурсів.

Відходи ХТП вторинне джерело енергії та ресурсів. Потенційні запаси вторинних енергетичних ресурсів. Умови формування відходів на підприємствах хімічної, нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, чорної та кольорової металургії, промисловості будівельних матеріалів.

Виробництво мінеральних добрив як приклад гетерогенних некаталітичних ХТП. Виробництво мінеральних добрив як приклад гетерогенних некаталітичних ХТП. Використання і об'єми виробництва.

Сировинна база фосфоровмісних мінеральних добрив. Фізико-хімічне обґрунтування режимів простого, подвійного суперфосфату. Технологічні схеми виробництва.

Виробництво соди і содових продуктів. Фізико-хімічні властивості та принципові положення хімічної взаємодії сировинних та вихідних речовин у процесах виробництв кальцинованої соди, «важкої» соди, каустичної соди хімічним та електрохімічним способами, питної соди, кристалічної соди, оксиду кальцію, оксиду вуглецю (IV), оксидів алюмінію, хлору. Галузі застосування кальцинованої соди і содопродуктів, оксидів алюмінію, а також хлору. Хімічні схеми одержання цих важливих стратегічних продуктів.

Хімічна переробка палива як приклад комплексного використання сировини. Хімічна переробка палива як приклад комплексного використання сировини. Класифікація палива. Сировинні запаси. Проблеми раціонального використання та економії палива.

Хімічне перероблення нафти, як приклад комплексного використання сировини. Класифікація нафти. Сировинні запаси. Проблеми раціонального використання та економії продуктів нафтопереробки.

Виробництво екстракційної фосфорної кислоти як приклад гетерогенного ХТП класу "рідина - тверде тіло". Сировина, фізико-хімічні основи. Доміси, їх вплив на процес. Технологічна схема. Апаратурне оформлення. Екологія виробництва. Области використання.

Виробництво термічної фосфорної кислоти як приклад високотемпературного процесу. Об'єми виробництва у світі і в Україні. Области використання. Сировинна база в Україні. Фізико-хімічні основи процесу і обґрунтування технологічної схеми як результат вирішення технологічних і екологічних проблем виробництва. Основні (типові) технологічні реактори. Способи отримання екстракційної фосфорної кислоти – переваги та недоліки. Напрями вирішення екологічних проблем у виробництві фосфорної кислоти.

Виробництво сульфатної кислоти як приклад синтезу енерготехнологічної багатоступеневої ХТС, що працює при атмосферному тиску Галузі використання. Сировинні джерела. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів виробництва оксиду сірки (IV), окиснення оксиду сірки (IV) і абсорбції оксиду сірки (IV). Каталізатори окиснення оксиду сірки (IV). Екологічно-безпечна технологічна схема ДК-ДА. Основні технологічні реактори відділення обпалу, окиснення і абсорбції. Перспективи удосконалення процесів виробництва сульфатної кислоти.

Виробництво хлориду водню і хлоридної кислоти. Застосування і способи виробництва хлориду водню та хлоридної кислоти. Сировина. Теоретичні основи процесів одержання хлориду водню та хлоридної кислоти, функціональна та принципова технологічна схема, апаратурне оформлення. Відходи виробництв.

Синтез аміаку - хіміко-технологічна система неорганічного класу зі складною схемою технологічних зв'язків. Аміак - основа виробництва азотовмісних сполук. Сировинні джерела. Виробництво технологічних газів на

основі твердих, рідких та газоподібних палив. Фізико-хімічні обґрунтування режимів пароповітряної конверсії метану, конверсії оксиду вуглецю (II) та очищення технологічних газів від кисневих сполук. Каталізатори відділення виробництва синтез-газу. Типові прийоми реалізації енерготехнологічної схеми виробництва синтез-газу. Основні технологічні реактори відділення синтез-газу. Технологічні і екологічні проблеми та їх вирішення у відділенні синтезу аміаку. Фізико-хімічні обґрунтування режимів процесу синтезу аміаку. Основні технологічні реактори. Перспективи удосконалення технології виробництва аміаку.

Виробництво нітратної кислоти як приклад синтезу високотехнологічної ХТС. Сировинні джерела. Технологічні і екологічні проблеми, що вирішуються при виробництві НК. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів стадій конверсії аміаку, абсорбції нітрозних газів та знешкодження технологічних викидів. Каталізатори конверсії аміаку та проблеми економії платини. Енерготехнологічна схема виробництва розведеної нітратної кислоти. Основні технологічні реактори. Виробництво концентрованої нітратної кислоти. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів процесів. Технологічні схеми. Перспективи удосконалення технологій виробництва НК. Вивчення принципів роботи та конструкцій технологічних реакторів, що використовуються в енерготехнологічних схемах виробництва азотної кислоти.

Синтез метилового спирту. Області використання. Масштаби виробництва. Сировинна база. Виробництво синтез-газу метилового спирту. Фізико-хімічні основи процесу синтезу метилового спирту та обґрунтування технологічних режимів. Компонування технологічної схеми. Апаратурне оформлення процесу (типові прийоми). Аналітичне порівняння технології синтезу неорганічної, біохімічної, органічної продукції як результат інженерного вирішення фізико-хімічних проблем реакцій синтезу речовин. Вивчення принципів роботи та конструкції технологічних реакторів, що використовуються в енерготехнологічних виробництвах метилового спирту. Засоби захисту апаратури від корозії. Циклічність процесів, віддувка.

Синтез етилового спирту – хіміко-технологічна система органічного класу зі складною схемою технологічних зв'язків. Об'єми виробництва. Області використання, сировинна база. Виробництво технічного газу - етилену. Технологічні та екологічні проблеми та їх вирішення при виробництві етилену. Фізико-хімічні основи процесу прямої гідратації етилену і обґрунтування оптимальних технологічних режимів. Каталізатори синтезу. Компонування і обґрунтування технологічної схеми прямої гідратації етилену як результат оптимізації технологічних режимів і рішення технологічних проблем. Синтези на основі етилового спирту, виробництво дивінілу. Вивчення принципів роботи та конструкції реакторів у виробництвах синтезів етилового спирту та дивінілу.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальна хімічна технологія / Яворський В.Т., Перекупко Т.В., Знак З.О., Савчук Л.В. – Львів: Львівська політехніка, 2005. – 552 с.

2. Технологія зв'язаного азоту: технологія та алгоритми розрахунків виробництва аміаку і метанолу. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 211 с.

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ

**Раціональне** використання водних ресурсів. Оборотні системи водопостачання. Роль хімії та хімічної технології у вирішенні питань розширення ресурсів промислового водопостачання й у виборі методів захисту водоймищ та навколишнього середовища від забруднення.

Характеристика природних джерел водопостачання для питних і промислових цілей. Класифікація джерел та водоймищ природної води. Вимоги до води різного призначення.

Класифікація й характеристика стічних вод за місцем їх утворення. Методи та принципи каналізування стічних вод. Очисні споруди, їх призначення. Умови спуску стічних вод до водоймищ. Законодавчі акти України та інших країн світу щодо охорони природних водоймищ і водних ресурсів.

Природні та стічні води – багатокомпонентні гетерогенні системи. Вода як хімічна сполука. Аномальні властивості води. Моделі структури рідкої води. Фізичні, хімічні, біологічні (бактеріологічні) показники якості води.

Класифікація домішок та забруднювачів води за їх фазово-дисперсним станом. Значення класифікації, розробленої Л. А. Кульським, для вибору альтернативних методів видалення з води домішок.

Безреагентні методи обробки води, сфера їх застосування. Первинне очищення води. Проціджування крізь решітки й сітки. Теоретичні основи процесу відстоювання домішок. Рівняння Стокса та його застосування до процесу осадження грубодисперсних домішок. Гідравлічна крупність частинок і її визначення. Обладнання механічних методів підготовки води. Конструкції та принцип дії пісковловлювачів, нафтомасловловлювачів, циклонів, центрифуг, горизонтальних, вертикальних, радіальних, тонкошарових відстійників.

Видалення з води завислих речовин за допомогою фільтрування, сфера застосування методу. Класифікація фільтрів із зернистим завантаженням. Стадії фільтроциклу. Вимоги до зернистого завантаження фільтрів. Головні конструктивні елементи й принцип дії самопливних та напірних фільтрів. Прояснювачі із завислим шаром осаду – акселератори. Двопотоківі фільтри.

Переваги і недоліки засипних фільтрів, картриджних фільтрів та сітчастих фільтрів. Визначення поняття «мікрофільтрація». Основні види матеріалів для виготовлення мікрофільтраційних картриджів

Флотаційний метод видалення з води завислих речовин і сфера його застосування. Чинники, що впливають на ефективність флотації. Порівняльна характеристика напірної та вакуумної флотації. Типові схеми напірної

флотації: прямотечійні, частково прямотечійні, рециркуляційні. Принцип дії флотаторів: імпелерного, з пористими ковпачками, електрофлотатора, флотатора системи «Аерофлотор».

Коагуляційна обробка води та сфера його застосування. Фізико-хімічні основи процесу коагулювання домішок води. Колоїдні системи, їх будова та властивості. Кінетична й агрегативна стійкість колоїдних систем. Стадії утворення та будова міцели, подвійний електричний шар. Головні положення теорії стійкості ліофобних золь. Коагулянти, що використовують для обробки води, і вимоги до них. Доза коагулянту та її вибір. Флокулянти, що використовують у процесах очищення води. Елементи схем очищення води за допомогою коагуляції та флокуляції: основне та допоміжне обладнання, конструктивні особливості й принцип дії камер пластівцеутворення, прояснювачів.

Мембранні процеси: ультрафільтрація. Теоретичні та прикладні аспекти групи мембранних методів водопідготовки. Типи мембранної фільтрації, мембранних елементів і матеріалів мембран, основні стадії технології ультрафільтраційного очищення води, технологічна схема процесу і приклади експлуатації. Визначення переваг і недоліків сучасного мембранного методу очищення стічних вод.

Мембранні процеси: Зворотний осмос і нанофільтрація. Теоретичні основи методів, області їх застосування, а також вимоги до якості оброблюваної води і склад очищеної води, отриманої з використанням мембран різних типів. Особлива увага приділяється будові рулонних мембранних елементів, їх класифікації та принципам роботи. Розглядаються основні правила і особливості конструювання технологічних схем.

Окисні методи знезараження води й сфера їх застосування. Хлорування води: дія сполук хлору на бактерії та мікроорганізми, мінеральні й органічні домішки води. Показники хлорування води, доза хлору, способи його знаходження. Хлоровмісні реагенти, що використовують у процесах знезараження води. Озонування води: переваги та недоліки методу знезараження води за допомогою озону. Основне апаратне обладнання відділення знезараження води реагентним методом. Обробка води іонами благородних металів (олігодинамія). Фізико-хімічні методи знезараження води.

Видалення з води домішок за допомогою твердих сорбентів. Суть фізичної адсорбції, сфера застосування методу. Динаміка процесу адсорбції: модель Шилова, вихідні криві процесу сорбції. Сорбенти, що використовують у процесах водопідготовки. Методи регенерації сорбентів. Типи схем та обладнання адсорбційної очистки води. Адсорбери з нерухомим, рухомим та псевдозрідженим шаром сорбенту.

Пом'якшення води реагентними методами. Суть і сфера застосування термічних методів. Реагентні методи: фізико-хімічні основи, реагенти, що використовують у процесах обробки води та їх порівняльна характеристика. Апаратне оснащення відділень реагентної обробки води.

Пом'якшення й знесолення води за допомогою іонного обміну. Марки іонітів, їх будова та властивості. Хімізм і рівновага реакцій іонного обміну.

Динаміка процесу іонного обміну. Типові схеми пом'якшення та знесолення води за допомогою методу іонного обміну. Принцип дії та конструктивні особливості фільтрів іонного обміну й фільтрів змішаної дії.

Регенерація іонітів, реагенти, що застосовують у процесах регенерації. Сутність та сфера застосування інших методів очищення води: дистиляція, зворотний осмос, електродіаліз. Порівняльна техніко-економічна характеристика методів знесолення води.

Біохімічне очищення води. Суть і сфера застосування біохімічних методів очищення води. Способи біохімічного очищення. Характеристики активного мулу та біоплівки. Біологічне споживання кисню (БСК). Вимоги до води, яка проходить біохімічну обробку. Природні та штучні споруди біохімічного очищення. Конструктивні особливості й гідродинамічний режим роботи аеротенків та біофільтрів. Основні складові принципової технологічної схеми біохімічного очищення води. Загальні положення анаеробної обробки води та осадів. Конструктивні особливості метантенків.

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Толстопалова Н.М., Обушенко Т.І. Теоретичні основи хімії та технології водопідготовки: навчальний посібник для студентів спеціальності 161 „Хімічні технології та інженерія” – К: НТУУ «КПІ», 2016. – 148 с.
2. Фізико-хімічні методи очищення води. Управління водними ресурсами / Під редакцією І.М. Астреліна, Х. Ратнавіри. – К.: «Ніка-Центр», 2015. – 614 с.
3. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
4. Серія видань «Світ сучасної водопідготовки» Технологічні рішення. За редакцією Мітченко Т.Є. ВУВТ WATERNET, Київ, 2021.

### ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Фізико-хімічні властивості сульфатної кислоти. Валентно-структурна формула сульфатної кислоти. Хімічна активність її, фізико-хімічні властивості, теплоти розбавлення і змішування та їх розрахунок. Сортування сульфатної кислоти.

Каталізатори окиснення  $SO_2$ . Характеристика ванадієвих каталізаторів (СВД, СВС, СВБ, ІК, LP-120, Cs-120, VK-38A, RHV-49, BASF-04-10, СВНТ, МВВ, КС, КД). Теоретичні засади їх дії. Отруєння каталізаторів. Перспективні наробки з синтезу нових ванадієвих каталізаторів.

Кінетика контактного окиснення  $SO_2$ . Кінетичні і технологічні умови окиснення  $SO_2$  на ванадієвих каталізаторах. Визначення кількості контактної маси. Рівняння Борескова-Іванова-Буянова, Марса-Мейсена, Еклунда, Померанцева, Іваненко-Салтанової, Шимічека. Оптимальні економічні умови окиснення  $SO_2$ .

Окиснення  $SO_2$  в киплячому шарі каталізатора. Гідродинамічні фактори і їх вплив на кінетику окиснення  $SO_2$  в КШ каталізатора. Порівняльний аналіз процесу окиснення оксиду сірки (IV) в нерухомому і киплячому шарах ванадієвих каталізаторів. Відображення процесу окиснення  $SO_2$  на діаграмі x-T при умові двошарового розміщення каталізатора.

Фізико-хімічні основи процесу абсорбції  $\text{SO}_3$ . Теоретичні основи процесу абсорбції цільового інгредієнту газової суміші. Фізико-хімічні засади визначення оптимальних умов абсорбції  $\text{SO}_3$  з "контактного" газу. Розрахункові обґрунтування абсорбції  $\text{SO}_3$ . Використання над сульфатних кислот при одержанні продукційної сульфатної кислоти.

Знешкодження викидних газів контактних сульфатно-кислотних систем. Розрахункове обґрунтування екологічної необхідності очищення викидних газів сульфатнокислотних систем. Методи знешкодження викидних газів сульфатнокислотних виробництв та аналіз їх ефективності. Новітні розробки з забезпечення екологічної чистоти сульфатнокислотних виробництв.

Властивості хлориду водню і соляної кислоти, області застосування. Способи виробництва хлориду водню. Фізико-хімічні основи сульфатного методу і методу прямого синтезу хлориду водню. Апаратурне оформлення процесу.

Технологія розділення повітря. Основи розділення повітря. Колони ректифікації повітря. Технологічна схема розділення повітря.

Апаратурне оформлення розділення повітря. Промислові установки розділення повітря. Апаратурне оформлення. Техніко-економічні показники промислових установок розділення повітря. Техніка безпеки і охорона праці.

Виробництво водню методами газифікації. Газифікація твердого та рідкого палива. Технологічні схеми. Техніко-економічні показники виробництва водню методами газифікації палива.

Виробництво водню методом електролізу води. Електроліз води. Теоретичні основи процесу електролізу. Технологія виробництва важкої води. Техніко-економічні показники виробництва водню методом електролізу.

Конверсія природного газу парою. Методи конверсії природного газу. Технологія конверсії природного газу парою. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів.

Конверсія метану киснем. Технологія конверсії метану киснем. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів.

Конверсія оксиду вуглецю(II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю (II) парою. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів.

Моноетаноламінове очищення газу від оксиду вуглецю(IV). Фізико-хімічні основи очищення конвертованого газу від оксиду вуглецю(IV) методом моноетаноламінової очистки.

Фізико-хімічні основи очищення газу від оксиду вуглецю (IV) гарячим розчином поташу. Тонке очищення технологічного газу від оксидів карбону гідруванням.

Схеми конверсії метану. Технологічна схема двоступеневої конверсії метану. Апаратурне оформлення схеми. Технологічні схеми одноступеневої конверсії метану. Апаратурне оформлення схем. Технологія та технологічна схема високотемпературної конверсії.



Синтез аміаку. Властивості аміаку. Значення аміаку в народному господарстві. Термодинаміка синтезу. Каталізатори синтезу. Кінетика синтезу. Виділення аміаку із синтезу газу.

Колони синтезу. Типи колон. Конструкції колон полочного типу. Організація температурного режиму в колоні синтезу.

Схеми синтезу аміаку. Принципова схема синтезу аміаку під середнім тиском. Схеми синтезу аміаку потужністю 600 т/добу, 1360 т/добу. Обладнання схем. Основні техніко-економічні показники. Охорона праці. Екологія. Перспективи розвитку технології виробництва синтетичного аміаку.

Синтез метанолу. Фізико-хімічні основи синтезу метанолу. Значення метанолу в народному господарстві. Властивості метанолу. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів. Колони синтезу.

Технологічна схема синтезу метанолу під середнім тиском. Хімічна схема виробництва нітратної кислоти. Властивості нітратної кислоти. Значення нітратної кислоти в народному господарстві. Конверсія аміаку.

Фізико-хімічні основи процесу конверсії аміаку. Каталізатори. Шляхи зменшення витрат платинового каталізатора. Неплатинові каталізатори. Кінетика процесу. Вибір параметрів процесу. Конструкція контактного апарату.

Окиснення оксиду азоту(II). Механізм окислення. Рівновага. Кінетика. Вибір оптимальних параметрів окислення. Абсорбція оксидів азоту водою. Рівновага. Кінетика. Вибір оптимальних параметрів абсорбції оксидів азоту водою. Конструкції абсорбційної колони. Очищення викидного газу. Методи очистки викидного газу. Технологія високотемпературної і селективного очищення. Техніко-економічне порівняння схем очищення.

Схеми виробництва нітратної кислоти. Класифікація схем. Технологічні схеми УКЛ, АК-72, АК-72М. Апаратурне оформлення. Нові напрямки розвитку технології нітратної кислоти. Виробництво нітратної кислоти як приклад синтезу високотехнологічної ХТС. Сировинні джерела. Технологічні і екологічні проблеми, що вирішуються при виробництві НК. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів стадій конверсії аміаку, абсорбції нітрозних газів та знешкодження технологічних викидів. Каталізатори конверсії аміаку та проблеми економії платини. Енерготехнологічна схема виробництва розведеної нітратної кислоти. Основні технологічні реактори. Виробництво концентрованої нітратної кислоти. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів процесів. Технологічні схеми. Перспективи удосконалення технологій виробництва НК. Вивчення принципів роботи та конструкцій технологічних реакторів, що використовуються в енерготехнологічних схемах виробництва азотної кислоти.

Синтез азотних добрив. Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва нітрату амонію (аміачної селітри). Злежуваність селітри і методи її усунення. Особливості зберігання аміачної селітри. Конструкція і принцип дії апарату ВТН (використання теплоти нейтралізації) у виробництві нітрату амонію. Вплив концентрації азотної кислоти на концентрацію розчину селітри. Конструкції випарних

апаратів. Можливість отримання селітри без упарювання. Рішення екологічних проблем у виробництві селітри. Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва карбаміду. Реакції синтезу карбаміду. Обґрунтування високого тиску. Схеми синтезу з рециклом повним і частковим – порівняння, недоліки і переваги. Конструкція і принцип дії колони синтезу карбаміду. Особливості стріпінг – процесу. Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної води. Опис схеми і основного обладнання.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія зв'язаного азоту: курс лекцій. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», ОПП «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой, С.А. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 8,28 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 293 с.
2. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва азотних добрив. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 21,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 221 с.

## НАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ ПОЛІМЕРНИХ ТА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Поняття про наповнювачі для композиційних матеріалів на основі неорганічної та органічної матриці. Методи та способи отримання наповнювачів. Основні властивості наповнювачів. Вплив наповнювачів на властивості наповнених композицій. Теоретичні положення залежності властивостей наповнювачів від структури і фазового складу.

Наповнювачі у високодисперсному стані. Порошкоподібні тверді наповнювачі. Волокнисті наповнювачі. Вплив форми часток наповнювача на властивості наповнених систем. Наповнювачі для бетону на гідратаційних в'язучих речовинах. Наповнювачі для коагуляційних (органічних) в'язучих матеріалів.

Наповнювачі для полімерних та еластомерних композиційних матеріалів. Наповнювачі для теплоізоляційних матеріалів. Ресурсо- та енергозберігаючі технології при виробництві наповнених композиційних матеріалів. Політетрафторетилен (тефлон). Полівінілацетат. Полівініловий спирт та поліацетали. Полімери акрилової кислоти.

Поліетери. Поліметиленоксид. Фенолформальдегідні смоли та пластики на їх основі. Полікарбонат. Епоксидні смоли. Поліаміди та полііміді. Целюлоза та її естери. Кремнійорганічні полімери.

## ЗВ'ЯЗУЮЧІ ДЛЯ КОМОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ЇХ СКЛАДУ

Гіпсові та гіпсобетонні вироби. Гіпсобетонні плити. Гіпсокартонні та гіпсоволокнисті плити. Особливості структури та властивості виробів.

Вапно повітряне та гідравлічне. Залежність властивостей від складу та ступеню термічної обробки. Взаємодія з водою та гасіння вапна.

Цементи загальнобудівельного та спеціального призначення. Клінкер як основна складова. Тужавлення та міцність. Портландцементи з добавками. Шлакопортландцемент. Пуцолановий цемент. Розширювальний та глиноземисті цементи. Білий цемент. Композиційні цементи. Змішані цементи. Сухі будівельні суміші. Вихідні матеріали. Будівельні композити з мінеральними зв'язуючими. Будівельні суміші. Бетон та залізобетон. Легкі та ніздрюватий бетони. Азбестоцементні вироби.

Пластифікатори полімерів. Типи пластифікуючої дії. Термодинамічне змащування. Визначення сумісності пари полімер-пластифікатор. Теорії суміщення полімерів та пластифікаторів. Класифікація пластифікаторів.

Наповнювачі полімерних композиційних матеріалів. Характеристики наповнювачів. Кальцит та арагоніт. Волокнисті наповнювачі. Розрахунок міцності композиційних матеріалів зміцнених волокном.

Добавки для регулювання кольору композицій. Двоокис титану, технічний вуглець, види органічних пігментів та барвників. Типи процесінгових добавок. Теплові стабілізатори полімерів. Змащувачі для процесу екструзії. Реологічні добавки. Поняття про реологію полімерних композицій при переробці та експлуатації. Типи добавок для середовищ різної полярності та умов переробки. Добавки для регулювання поверхневих властивостей. Антиблоки, гідрофілізатори та гідрофобізатори. Антистатика. Класифікація, основні типи. Механізми відведення статичної електрики. Антипірени та біоцидні добавки. Добавки, які підвищують вогнестійкість полімерних композиційних матеріалів. Ультрафіолетові стабілізатори та компатибілізатори та апрети.

## КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ ТА ПОЛІМЕРНИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ

Неорганічні конструкційні матеріали. Класифікація неорганічних в'язучих речовин. Основні терміни технології конструкційних матеріалів.

Класифікація повітряних в'язучих. Повітряне вапно. Мінералогічний склад та властивості гіпсових в'язучих. Магнезійні в'язучі. Галузі використання повітряних в'язучих.

Гідравлічні в'язучі. Портландцемент. Характеристика портландцементу.

Фазовий склад портландцементного клінкеру та основні властивості мінералів.

Основні поняття, класифікація полімерів. Основи синтезу полімерів.

Пластичні маси одержані за реакцією полімеризації. Пластичні маси одержані за реакцією поліконденсації. Механічні властивості пластмас. Стан аморфної фази і її вплив на властивості. Орієнтаційне зміцнення. Конфігурація

макромолекул. Конформація макромолекул. Гнучкість макромолекул Лиття під тиском термопластів. Екструзія. Вальцювання, каландрування. Пресування.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Виготовлення та тестування композитів з різновидами мінеральних зв'язуючи і наповнювачів: лабораторний практикум / [В.М. Пахомова, Н.О. Дорогань, Л.П.Черняк] // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2019. – 68 с.
2. Пащенко О.О., Сербін В.П., Старчевська О.О. В'язучі матеріали. – К.: Вища школа, 1995.- 437 с.
3. Л.Й.Дворкін. Будівельні в'язучі матеріали.– Рівне: НУВГП, 2019 – 622 с.
4. В'язучі матеріали: Підручник / Р. Ф. Рунова, Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін, Ю. Л. Носовський – К. : Основа, 2012. – 448 с.
5. Будівельне матеріалознавство. Підручник. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. К.: Кондор-Видавництво, 2017. – 472 с.
6. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Львів: Видавництво «Растр», 2007. – 376 с.
7. Пахаренко В.А., Яковлева Р.А., Пахаренко А.В. Переработка полимерных композиционных материалов. – К.: Воля, 2006. -552 с.
8. Захарченко П.В., Галаган Ю.О., Гавриш О.М. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. Підручник. - К.: КНУБА, 2005. - 512с.
9. Сучасні українські будівельні матеріали, вироби та конструкції: науково-практичний довідник; авт. ідеї та кер. пр-ту І.М.Салій; за ред. К.К.Пушкарьової; Асоціація “Всеукр. союз виробників буд. матеріалів та виробів”. – К.: ВСВБМВ, 2012 .-658 с.
10. Курта С.А. Наповнювачі – синтез, властивості та використання: навчальний посібник / С. А. Курта. – Івано-Франківськ: Вид-во Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, – 2012. – 296 с.
11. Колосов О. Є. Композиційні та наноматеріали [електронне видання] Затверджено Вченою радою КПІ імені Ігоря Сікорського як навчальний посібник для аспірантів, які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування» (протокол №6 від 12.06.2017) [електронне видання] / О. Є. Колосов. –К.:КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 224 с. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19767>

## ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ КЕРАМІКИ

Поняття про кераміку. Класифікація керамічних виробів. Галузі застосування кераміки. Нові напрямки в кераміці.

Класифікація сировинних матеріалів. Пластичні матеріали. Глини і каоліни, їх специфічні властивості та склад. Опіснювачі та плавні в технології кераміки, види, призначення.

Властивості пластичних матеріалів, що проявляються у технологічних процесах – водні, механічні, сушильні, термічні.

Підготовка сировини та керамічних мас. Методи приготування керамічних мас і формування керамічних виробів. Приготування пластичних мас, прес-порошків, шлікерів.

Методи формування керамічних виробів. Пластичне формування. Пресування з порошків, лиття з водних і гарячих шлікерів.

Сушіння керамічних виробів. Основні процеси, що протікають при сушінні керамічних виробів.

Випал керамічних виробів. Основні процеси, що протікають при випалі керамічних виробів.

Технологічні схеми виробництва кераміки. Технологічні схеми виробництва грубої кераміки, вогнетривких матеріалів і виробів тонкої кераміки. Технологія виробництва стінових керамічних матеріалів. Технологія виробництва кераміки з використанням методу пластичного формування. Технологія формування виробів із допомогою шлікерного лиття. Технологія формування виробів за допомогою метода напівсухого пресування. Технологія виробництва керамічної плитки. Технологія виробництва виробів з фарфору та фаянсу. Технологічна схема виробництва виробів пластичним способом. Приготування шлікеру для литва. Виготовлення фарфорових виробів методом напівсухого пресування.

## ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ СКЛА

Поняття про скло та склоподібний стан речовини. Теорії будови скла. Поняття про ближній і дальній порядок. Загальні фізико-хімічні характеристики типових склоутворювачів і склоподібних тіл у розплавленому стані.

В'язкість та поверхневий натяг скла. Значення в'язкості у виробництві скла, її залежність від хімічного складу скла, температури. Роль поверхневого натягу в технології скла.

Кристалізаційна здатність скла та види кристалізації. Вплив хімічного складу на кристалізаційну здатність. Ліквідаційні явища в склі. Стабільна і метастабільна ліквідація. Кінетика процесу ліквідації.

Хімічна стійкість скла. Корозійні агенти. Вплив хімічного складу на хімічну стійкість.

Механічні властивості скла. Щільність скла. Міцність на розтяг, стискання і згин. Зміцнення скла.

Властивості скла. Термічні властивості скла. Теплоємність, теплопровідність, термічне розширення, термостійкість, вплив температури і хімічного складу. Електричні властивості скла. Об'ємна і поверхнева електропровідність. Оптичні властивості скла. Оптичні константи скла.

Теорія забарвлювання скла. Кольорове скло. Поняття кольору. Молекулярне і колоїдне забарвлювання. Іонні, молекулярні і колоїдні барвники. Знебарвлювання скла.

Шихтові матеріали і шихтування. Головні сировинні матеріали і допоміжні. Готування шихти. Вимоги до шихти. Підготовка матеріалів. Сортування та збагачення матеріалів.

Теорія і практика скловаріння. Стадії варіння скла. Фізико-хімічні процеси при нагріванні шихти. Окислювальні і відновлювальні процеси у скломасі. Леткість компонентів. Гази в скломасі. Механізм процесу освітлювання. Гомогенізація скломаси. Конструкції печей. Температурний режим ванних печей. Класифікація видів браку. Вогнетривки в скляній промисловості.

Теоретичні основи формування скловиробів. Роль в'язкості та поверхневого натягу. Швидкість твердіння. В'язкісні і температурні інтервали для основних способів формування. Основні методи формування: пресування, пресовидування, витягування, прокат.

Термічна обробка виробів із скла. Відпал виробів із скла. Гартування скла. Механічна, хімічна та фізична обробка скла.

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Племянников М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю. Хімія і технологія скла. Високотемпературні процеси / Навчальний посібник. – К.: «Освіта України», 2015. – 183 с.
2. Величко Ю.М., Племянников М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю. Хімія і технологія кераміки. Високотемпературні процеси / Навчальний посібник. – К.: «Освіта України», 2016. – 160 с.
3. Химическая технология керамики: Учебн. Пособие для вузов /Под. Ред. Проф. И.Я. Гузмана.– М.: ООРИФ «Стройматериалы» 2003. – 496 с.
4. Практикум по технологии керамики: Учебн. Пособие для вузов /Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, М.А. Мальков, Ю.А. Мосин, Б.С. Скидан; Под ред. Проф. И.Я. Гузмана.– М.: ООРИФ «Стройматериалы», 2005. –336с.
5. Мороз И.И. Фарфор, фаянс, майолика. Киев: Техніка, 1975. – 352 с.
6. Яцишин Й.М. Технологія скла: Ч.1. «Фізика і хімія скла» – Львів: Видавництво НТУ «Львівська політехніка», 2001. – 188 с.
7. Яцишин Й.М. Технологія скла: Ч.2. «Технологія скляної маси» – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2004. – 250 с.

### ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Вступ до органічної хімії. Вступ. Що таке органічна хімія. Атом вуглецю та його особливості. Типи зв'язків, які утворює атом вуглецю. Функціональні групи. Основні класи органічних сполук.

Насичені вуглеводні (алкани та циклоалкани). Особливості вуглецевого скелету молекул алканів. Типи атомів вуглецю. С–Н зв'язок і його характеристики. Фрагменти вуглеводневих ланцюгів. Структурні ізомери. Вступ до номенклатури органічних сполук. Номенклатура ІЮПАК. Ациклічні та циклічні сполуки. Динаміка вуглецевого скелету алканів. Обертання навколо С–С зв'язку. Конформації та конформери. Бар'єр обертання. Динаміка вуглецевого скелету циклоалканів. Загальна класифікація циклів. Напруження циклів. Конформаційна поведінка циклоалканів. Природні джерела алканів. Фізичні властивості алканів. Термохімічні властивості алканів. Алкани та циклоалкани як паливо. Метан і його промислові перетворення. Піроліз та крекінг, загальні характеристики. Піроліз алканів. Гомолітичний розрив

зв'язку. Вільні радикали, їх стабільність. Основні реакції вільних радикалів. Поняття про інтермедіати та механізм реакції. Крекінг алканів. Термічний та каталітичний крекінг. Каталізатори крекінгу. Гетеролітичний розрив зв'язку. Карбокатиони. Структура та стабільність карбокатионів. Реакції карбокатионів. Скелетна ізомеризація. Риформінг. Октанові числа вуглеводнів. Функціоналізація алканів та циклоалканів. Реакції вільно-радикального заміщення. Галогенування. Механізм та особливості галогенування. Регіоселективність. Інші реакції вільно-радикального заміщення. Окиснення алканів та циклоалканів. Електрофільні реакції насичених вуглеводнів.

Галогенопохідні насичених вуглеводнів. Структура, ізомерія та номенклатура насичених галогенопохідних. Фізичні властивості. Індукційний ефект. Механізми нуклеофільного заміщення, енергетичні профілі реакцій, кінетичні рівняння. Поняття про перехідний стан. Механізми реакцій елімінування. Правило Зайцева. Реакції галогенопохідних з металами. Реактиви Гріньяра та можливі шляхи їх використання. Одержання елементорганічних сполук. Вступ до стереохімії органічних сполук. Асиметричний атом вуглецю. Енантіомери та діастереомери. Абсолютна конфігурація. Збереження, обернення конфігурації та рацемізація на прикладі реакції нуклеофільного заміщення. Номенклатура Кана-Інгольда-Прелога. Оптична активність органічних сполук. Поляриметрія.

Ненасичені вуглеводні (алкени). Номенклатура та ізомерія алкенів. Загальні методи синтезу. Структурна та реакційна здатність подвійного зв'язку вуглець-вуглець. Реакції електрофільного приєднання. Правило Марковнікова. Приклади реакцій електрофільного приєднання. Катіонна полімеризація алкенів. Вільно-радикальні реакції алкенів. Алільний радикал, катіон та аніон. Делокалізація заряду і стабільність. Мезомерний ефект. Приклади реакцій вільно-радикального приєднання. Вільно-радикальна полімеризація. Реакції окиснення алкенів.

Кисневмісні монопохідні вуглеводнів (спирти та етери). Структура, ізомерія та номенклатура спиртів, етерів. Огляд основних способів введення гідроксильних груп. Хімічні властивості одноатомних спиртів. Водневий зв'язок та його характеристики. Реакції по О–Н зв'язку. Взаємодія з кремнійорганічними сполуками. Поняття про захисну групу. Реакції по С–О зв'язку. Принцип мікроскопічної зворотності. Реакції дво- та триатомних спиртів. Пінакон-пінаколінове перегрупування. Реакції окиснення спиртів.

Ненасичені вуглеводні (алкіни та дієни). Структура, ізомерія та номенклатура алкінів. Стабільність та реакційна здатність потрійного зв'язку. Кислотність ацетилену та термінальних алкінів. Основні методи одержання. Хімічні властивості алкінів. Реакції по С–Н зв'язку. Поняття про С–Н кислоти. Реакції електрофільного приєднання. Реакції нуклеофільного приєднання. Окиснення алкінів. Структура, ізомерія та номенклатура дієнів. Кумульовані, спряжені дієни та дієни з ізольованими С=C зв'язками. Загальні способи одержання спряжених дієнів. Хімічні властивості спряжених дієнів. Реакції 1,2- та 1,4-електрофільного приєднання. Поняття про кінетичний та термодинамічний контроль реакції на прикладі реакції гідробромовування.

Аніонна полімеризація спряжених дієнів. Реакція Дільса-Альдера. Окиснення спряжених дієнів.

Ароматичні вуглеводні та їх галогено- та кисневмісні похідні. Ароматичні вуглеводні. Концепція ароматичності. Правило Хюккеля. Конденсовані та гетероциклічні системи. Особливості реакційної здатності ароматичних вуглеводнів. Механізм реакцій електрофільного заміщення. Особливості заміщення у монозаміщених аренів. Правила орієнтації. Ароматичні галогенопохідні. Механізми реакцій нуклеофільного заміщення. Рухливість галогенів, зв'язаних із  $sp^2$ -гібридизованим атомом вуглецю. Порівняння індукційного та мезомерного ефектів. Ароматичні галогенопохідні в органічному синтезі. Феноли. Структура, ізомерія та номенклатура фенолів. Огляд основних методів одержання одноатомних фенолів. Фізичні властивості. Кислотність фенолів. Реакції фенолів по О–Н зв'язку. Реакції електрофільного ароматичного заміщення. Електронодонорні властивості гідроксильної групи.

Карбонільні сполуки (альдегіди і кетони). Структура, ізомерія і номенклатура альдегідів та кетонів. Найважливіші представники аліфатичних та ароматичних карбонільних сполук. Фізичні властивості. Основні методи одержання альдегідів і кетонів. Структура реакційна здатність карбонільної групи та шляхи можливої функціоналізації альдегідів і кетонів. Реакції нуклеофільного приєднання: загальні закономірності, схема механізму, приклади. Приєднання металоорганічних сполук. Реакції відновлення альдегідів і кетонів.

Карбонові кислоти. Номенклатура та ізомерія карбонових кислот. Структура та реакційна здатність карбоксильної групи. Фізичні властивості. Кислотність та фактори, що впливають на силу карбонових кислот. Основні способи одержання карбонових кислот. Основні шляхи функціоналізації карбонових кислот. Реакції по зв'язку О–Н. Електролітичні властивості карбонових кислот та їх солей. Реакції нуклеофільного заміщення по тетраедричному атому вуглецю. Електрохімічне та термічне декарбоксілювання.

Еноли та еноляти. Основні способи одержання енолів та енолятів. Основні напрямки функціоналізації. Кето-енольна таутомерія. Механізми альдольної конденсації. Реакція Канніцаро. Естерні конденсації. Реакції  $\alpha$ -галогенування карбонільних сполук. Синтези за участю малонового та ацетооцтового естерів. Реакція Міхаеля.

Азотовмісні органічні сполуки. Основні типи азотовмісних функціональних груп. Номенклатура та ізомерія амінів. Огляд найважливіших способів синтезу амінів. Фізичні властивості. Основність амінів та фактори, що її визначають. Хімічні властивості амінів. Нуклеофільні реакції амінів. Діазосполуки, їх структура, стабільність та реакційна здатність. Синтез діазосполук. Реакції діазосполук із виділенням та без виділення азоту. Реакції азосполучення. Азосполуки. Загальне поняття про кольоровість. Азобарвники, індикатори та аналітичні реагенти на основі азосполук.

Функціональні групи, що містять азот та кисень. Нітросо- та нітросполуки. Способи їх одержання та хімічні властивості.



Вуглеводи. Загальна класифікація вуглеводів. Способи зображення молекул. Номенклатура вуглеводів. Відносна конфігурація. Хімічні властивості вуглеводів. Мутаротація. Реакції по карбонільній групі. Реакції за участю циклічної форми. Відновлювальні та невідновлювальні дисахариди. Природні полімери, що містять структурні одиниці вуглеводів.

Ліпіди. Загальна характеристика та структура ліпідів. Стереохімія. Жири, жирні кислоти, олії. Ефекти поверхнево-активних речовин. Способи їх одержання та хімічні властивості. Органічні похідні орто-фосфорної кислоти (фосфоліпіди). Ліпіди у природі. Терпени. Ізопренове правило. Стероїди.

Амінокислоти. Класифікація амінокислот. Стереохімія амінокислот. Кислотно-основні властивості. Ізоелектрична точка. Електрофорез. Основні шляхи синтезу амінокислот. Хімічні властивості амінокислот. Пептидний зв'язок та способи його утворення. Білки.

Гетероциклічні сполуки. Загальна класифікація гетероциклічних сполук. П'ятичленні гетероцикли: методи одержання та хімічні властивості. Ацидофобність та ацидофільність. Конденсовані гетероциклічні системи. Шестичленні азотовмісні гетероцикли, їх структура та реакційна здатність. Методи одержання та хімічні властивості. Кето-енольна таутомерія в хімії гетероциклічних сполук. Нуклеозиди, нуклеотиди та нуклеїнові кислоти.

#### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ю.О.Ластухін, С. А. Воронов. Органічна хімія. Підручник для вищих навчальних закладів. Львів: Центр Європи, 2001. – 864 с.
2. Чирва В.Я., Ярмолюк С.М., Толкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія: підручник. Львів: БаК, 2009. – 996 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. К.: Вища школа, 1992. – 504 с.

#### ФІЗИЧНА ХІМІЯ

Основні положення хімічної термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Предмет хімічної термодинаміки. Основні поняття: система, процес, термодинамічні змінні. Робота, теплота, внутрішня енергія. Функції процесу та функції стану системи. Перший закон термодинаміки, його математичний вираз. Застосування першого закону термодинаміки до найбільш поширених процесів хімічних виробництв.

Термохімія. Закон Гесса. Калориметрія. Теплоти утворення, згоряння, розчинення, нейтралізації. Стандартний стан речовини. Обчислення теплових ефектів процесів за допомогою таблиць стандартних теплот утворення та згоряння. Залежність теплового ефекту процесу від температури. Рівняння Кірхгофа в диференціальній та інтегральній формах. Використання законів термохімії при складанні теплового балансу у хіміко-технологічних виробництвах.

Другий та третій закон термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Другий закон термодинаміки, його математичний вираз. Ентропія, її фізичний зміст. Ентропія та ймовірність стану системи. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Третій закон

термодинаміки. Абсолютне значення ентропії. Розрахунки зміни ентропії у процесах.

Термодинамічні потенціали. Внутрішня енергія Гіббса, енергія Гельмгольца. Критерії рівноваги та напрямку процесів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца, його практичне застосування у хімічній технології.

Термодинаміка хімічної рівноваги. Критерії рівноваги. Закон діючих мас, його вивід. Різні способи вираження константи хімічної рівноваги. Рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа. Залежність константи рівноваги від температури. Рівняння ізохори та ізобари хімічної реакції Вант-Гоффа. Обчислення константи рівноваги за допомогою таблиць стандартних термодинамічних величин. Принцип Ле-Шательє та його використання для оптимізації параметрів хіміко-технологічних процесів.

Фазова рівновага в однокомпонентних системах. Основні поняття: фаза, компонент, термодинамічні ступені свободи. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клаузіуса-Клапейрона. Діаграма стану однокомпонентних систем.

Фазова рівновага у бінарних системах. Фазові діаграми двокомпонентних систем. Поняття про фізико-хімічний аналіз. Термічний аналіз, його застосування у технологічній практиці.

Фазова рівновага у потрійних системах. Закон розподілу. Екстракція. Розподіл речовини між двома незмішуваними розчинниками. Закон розподілу Нернста. Рівняння Шилова. Екстракція, її значення в технології виробництва хіміко-технологічної продукції.

Ідеальні розчини. Колігативні властивості розведених розчинів. Ідеальні розчини. Закон Рауля. Зміна температур замерзання та кипіння рідин внаслідок утворення розчинів. Кріоскопія і ебуліоскопія. Осмос. Осмотичний тиск. Значення колігативних властивостей розчинів для виробництва хіміко-технологічної продукції та лікарських засобів з використанням хіміко-технологічних методів. Відхилення від закону Рауля у реальних розчинах. Поняття про активність.

Закони Коновалова. Методи перегонки. Взаємна розчинність рідин. Закони Коновалова. Фракційна перегонка. Взаємна нерозчинність рідин. Перегонка з водяною парою. Перегонка під вакуумом. Методи розділення азеотропних сумішей. Рівновага рідина-рідина. Взаємна розчинність рідин. Критична температура розчинності.

Формальна кінетика. Хімічна кінетика, її значення для фармації. Швидкість реакції, її залежність від різноманітних факторів. Молекулярність і порядок реакції. Кінетичні рівняння реакцій нульового, першого, другого і третього порядків. Методи визначення порядку реакції. Залежність константи реакції від температури. Правило Вант-Гоффа, його використання для визначення строків придатності біотехнологічної продукції. Рівняння Арреніуса. Теорія активних зіткнень. Енергія активації. Стеричний фактор. Поняття про теорію перехідного стану або активованого комплексу.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фізична хімія: Хімічна термодинаміка [Електронний ресурс]: Навчальний посібник для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» денної та заочної форм навч. / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т.А. Каменська, Г.А. Рудницька, М.Є. Пономарьов. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,594 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 257 с.
2. Ковальчук Є. П. Решетняк О. В. Фізична хімія: Підручник. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 800 с.
3. Яцимірський В. К. Фізична хімія. Підр. для студ. вищ. навч. закл. К.; Ірпінь: Перун, 2010. – 512 с.
4. Фізична хімія / М.О. Мchedлов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Гладкова та ін. Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2004. – 300 с.
5. Чумак В. Л. Фізична хімія: підр. / В.Л. Чумак, С.В. Іванов. – К.: Вид-во НАУ, 2007. – 648 с.
6. Волошинець В. А., Решетняк О.В. Фізична хімія :навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 175 с.

## МЕХАНІЗМИ ОРГАНІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Основні типи реакцій нуклеофільного заміщення у відповідності до типу субстрату та нуклеофілу. Механізм прямого заміщення. Експериментальні докази реалізації механізму  $S_N2$ . Іонізаційний механізм. Роль розчинника. Схема Уінстейна та її експериментальні докази. Об'єднаний механізм іонних пар  $S_N1$ .

Перегрупування карбокатионів. Неопентильне перегрупування та перегрупування Вагнера-Мейєрвейна. Фактори, які впливають на легкість реакції. Перегрупування Дем'янова і Тіффено (реакції алифатичних амінів під дією азотистої кислоти). Скелетні перегрупування карбокатионів, які містять гідроксильну групу в  $\alpha$ -положенні. Дієнон-фенольне перегрупування.

Участь  $\pi$ - і  $\sigma$ -зв'язків в анхімерному сприянні реакції нуклеофільного заміщення. Некласичні карбокатиони. Проблема норборнільного карбокатиону.

Анхімерне сприяння сусідніх груп в реакціях нуклеофільного заміщення. Перегрупування Фаворського (перегрупування  $\alpha$ -галогенкетонів в присутності основ). Схема механізму  $S_N1$ .

Скелетні перегрупування карбенів. Перегрупування Вольфа, синтез Арндта-Ейстера. Гомологізація альдегідів і кетонів.

Перегрупування за участю нітренив. Перегрупування Гофмана, Курціуса, Лосеня та Шмідта. Перегрупування Бекмана та Вагнера-Мейєрвейна.

Схема механізму елімінування  $E1cB$ . Орієнтація  $C=C$  зв'язку. Правило Бредта. Правила Зайцева і Гофмана. Фактори, які впливають на легкість елімінування.

Реакції фрагментації. Основні типи механізмів за Гробом. Франгомерний ефект. Фрагментація похідних адамантану.

Термічне (піролітичне) елімінування. Шестицентровий механізм. Реакція Чугаєва (піроліз ксантогенатів). Одержання ксантогенатів, механізм,

стереохімія реакції. П'ятицентровий механізм. Реакція Коупа та її особливості. Стереохімія реакції на прикладі похідних циклогексану.

Реакції електрофільного приєднання до C=C зв'язку. Загальна схема механізму. Стереохімія реакції. Циклічний іон бромонію та експериментальні докази його існування. Схема бромовання норборнену.

Реакція Сімонса-Сміта. Схема механізму, стереохімія і препаративні аспекти. Реакції гідроксимеркурування. Схема механізму і стереохімія на прикладі похідних циклогексену.

Епоксидування олефінів над кислотами. Схема механізму. Стереохімія. Особливості епоксидування  $\alpha,\beta$ -ненасичених кетонів. Епоксидування олефінів в відсутності кислого середовища.

Нуклеофільне приєднання до карбонільної групи. Приєднання синільної кислоти, азотистих основ та спиртів.

Альдольна конденсація. Кислотний та лужний каталіз. Анелювання за Робінсоном. Конденсація Дарзана. Конденсації Кляйзена і Дікмана.

Концепція ароматичності. Анулени. Ароматичність в заряджених циклах. Конденсовані ароматичні системи. Гомоароматичність.

Схема механізму ароматичного електрофільного заміщення. Зв'язок між структурою та реакційною здатністю. Нітрування. Галогенування. Алкілування та ацилювання за Фріделем-Крафтом та споріднені реакції. Електрофільне заміщення інших груп, крім водню. Іпсо-атака.

Стійкі вільні радикали. Структура та просторова будова радикальних інтермедіатів. Кінетичні особливості ланцюгових реакцій.

Реакції вільно-радикального заміщення. Галогенування, окиснення, заміщення за участю арильних радикалів. Внутрішньомолекулярні вільно-радикальні реакції. Реакція Гофмана-Лефлера. Реакції фрагментації радикалів.

Реакції вільно-радикального приєднання. Приєднання галогеноводнів, галогенметанів, меркаптанів та інших вуглеводневих радикалів.

#### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пивоваренко В.Г. Механізми органічних реакцій у розчинах. К.: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 303 с.
2. Joule J.A., Mills K., Heterocyclic Chemistry, A John Wiley & Sons, Ltd., Publ. 2010
3. Isaacs N.S. Physical organic chemistry. Harlow: Longman scientific & technical, 1992. – 828 p.
4. Maskill H. The physical basis of organic chemistry. Oxford – New York: Oxford university press, 1993. – 490 p.
5. Hopf. H. Classics in Hydrocarbon Chemistry. Willey-VCH. 2000.
6. Larock. R. Comprehensive Organic Transformations. A Guide to Functional Group Preparation. VCH, 1989.
7. Corey E.J., Cheng X.-M. The Logic of Chemical Synthesis. John Wiley & Sons, New York, 1989.

## ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ТА ХАРЧОВИХ ДОБАВОК

Технологія виробництва туалетного мила. Основи варіння туалетного мила. Основні технологічні процеси миловаріння. Прямий та непрямий методи варіння мила. Технологічна схема миловаріння: перше омилення; перше висолювання; друге омилення; друге висолювання; шліфування мила; відстоювання. Аналітичні методи дослідження якості туалетного мила.

Технологія виробництва зубних паст. Стадії виробництва. Технології виробництва: стадійна та неперервна. Аналітичні методи дослідження якості зубної пасти.

Креми на основі емульсій типу «олія у воді» та «вода в олії». Дифільні системи в кремах.

Принцип складання рецептур кремів різного призначення.

Технологічні стадії та лінії отримання кремів мас. Технологічна схема одержання емульсійних кремів методом гарячий/гарячий.

Технологічна схема отримання емульсійних кремів методом холодний/холодний. Аналітичні методи дослідження якості косметичних кремів.

Аналіз речовин, які поліпшують колір продуктів. Технічний аналіз натуральних, синтетичних барвників та фіксаторів кольору. Визначення вмісту цукру. Фізико-хімічні методи аналізу. Рефрактометрія та поляриметрія. Методи дослідження люмінесцентних властивостей. Хроматографія. Електрохімічні методи дослідження. Використання органолептичних методів при оцінюванні якості харчової продукції. Метод Флейвора.

Технічний аналіз речовин, що прискорюють і полегшують проведення технологічних процесів.

Аналіз розпушувачів (лужні, кислотні-лужні). Аналіз харчових кислот та регуляторів кислотності.

Аналіз ферментів і ферментних препаратів. Аналіз речовин, які поліпшують аромат і смак продуктів.

Аналіз ароматизаторів та підсилювачів смаку: рідкі (у вигляді розчинів і емульсій), сухі порошкоподібні, пастоподібні.

Аналіз речовини, що сприяють збільшенню термінів придатності харчових продуктів. Аналіз антиокиснювачів (цитрат калію, ацетат калію Е 261, лецитин) та консервантів (Е 333 кальцію цитрат, Е 263 кальцію ацетат, агар харчовий, натрію ацетат, калію ацетат).

Аналіз основних складових компонентів косметичних аніонних ПАР в косметичних композиціях. Аналіз амфотерних ПАР.

Аналіз біологічно-активних сполук косметичних засобів. Аналіз якості вітамінів та вітамінних препаратів.

Хімічна технологія одержання харчових добавок, що поліпшують смак, аромат харчових продуктів. Хімічна технологія підсолоджувачів (Е 950 калію ацесульфам, Е 951 аспартам, Е 954\*сахарин). Хімічна технологія ароматизаторів. Отримання ароматизаторів (ванілін). Хімічна технологія

одержання органічних барвників. Одержання азобарвників (Е 102 тартразин, Е 107 жовтий 2G, понсо 4R). Технологія одержання арилметанових барвників. Е 131 синій патентований. Хімічна технологія одержання індигоїдних барвників. Отримання Е 132 індигокарміну. Методи технічного аналізу харчових барвників. Одержання хінонових (Е 104\* хіноліновий жовтий) та хінофталонових барвників. Хімічна технологія підсолоджувачів та цукрозамінників. Одержання органічних стабілізаторів. Хімічна технологія одержання неорганічних стабілізаторів Е 452 поліфосфатів. Одержання неорганічних та органічних консервантів. Хімічна технологія одержання Е 221 натрій сульфату, Е 225 калій сульфату. Одержання антиоксидантів та синергістів антиоксидантів. Хімічна технологія одержання Е 301 натрій аскорбату, Е 302 кальцій аскорбату.

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технічний аналіз харчових добавок та косметичних продуктів [Електронний ресурс] / Воробйова В.І., Чигиринець О.Е., Пилипенко Т.М., Хрокало Л.А., Єфімова В.Г. підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія». Гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 30.06.20). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 345 с. Електронні тестові дані (1 файл: 3,6 Мбайт).
2. Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демідов І. Н. Технологія парфумерно-косметичних продуктів. К.: Центр учбової літератури, 2007. 376 с.
3. Методи контролю харчових виробництв: навчальний посібник / Н.І. Штангеева, Л. І. Чернявська, Л. П. Рева та ін. К.: УДУХТ, 2000. 240 с.
4. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Навчальний посібник / А. Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, О. О. Гринченко, М.І. Погожих, В.В. Полевич, П.В. Гурський. Харк. держ. ун-т.

### РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ

Структура державної системи охорони навколишнього природного середовища. Основні напрямки її діяльності. Оцінка шкідливого впливу токсичних речовин на навколишнє середовище. Визначення концентрації шкідливих речовин на навколишнє середовище. Основні фактори, які впливають на формування концентрації токсичної речовини в приземному шарі. Максимальне значення приземної концентрації забруднення. Поняття гранично-допустимого та тимчасово-погодженого викидів (ГДВ) та (ТПВ). Споживання води. Класифікація споживачів води. Промислове водопостачання, вплив на водні об'єкти. Споживання води сільським господарством, вплив на гідросферу. Водозабезпечення населення, вплив на водойми. Нормування якості води, загальні положення. Поняття гранично-допустимого скиду забруднень із стічними (зворотніми) водами. Для яких підприємств розробляють проекти ГДС. Встановлення тимчасово-погоджених скидів (ТПС). Основні етапи встановлення ГДС. Склад вихідних даних і регламентів вихідних умов розрахунку ГДС.

Вибір технологічної схеми при проектуванні станцій водопідготовки чи очистки води. Визначення повної продуктивності станції водопідготовки. Відстоювання води, визначення гідравлічної крупності осаду технологічним аналізом. Просвітлювачі зі змуленим шаром осаду, принцип дії, проектування. Фільтрування води, механізми фільтрування. Повільні фільтри, основні характеристики, визначення площі фільтрування. Швидкі фільтри, розрахунок. Іонний обмін в водопідготовці та водоочищенні. Основні типи катіонітів, розрахунок катіонообмінних фільтрів. Основні типи аніонітів, розрахунок аніонообмінних фільтрів. Методи знезараження води. Типова технологічна схема очистки побутових стічних вод. Типова технологічна схема пом'якшення води. Типова технологічна схема знесолення води. Типова схема підготовки води при її заборі з поверхневих водойм. Типова технологічна схема очистки промислових стічних вод, що містять розчинні та нерозчинні органічні сполуки.

Характеристика водних ресурсів України. Класифікація вод по призначенню. Механічні методи очистки води. Хімічні (реагентні) методи очистки стічних вод. Технологічні схеми та апаратурне оформлення. Реагентні методи пом'якшення води. Суть методу та область його використання. Способи видалення іонів важких металів із стічних вод. Видалення із води колоїдних домішок методом коагуляції. Коагулянти та флокулянти. Основні джерела забруднення природних вод. Адсорбція як метод очистки природних та стічних вод від розчинених органічних речовин. Технологія адсорбційної очистки стічних вод. Стабілізація осадів (аеробна та анаеробна).

Основні терміни та поняття в галузі поводження з твердими відходами. Класифікація твердих відходів. Механічні методи підготовки та переробки твердих відходів. Методи класифікації та сортування. Процеси збагачення при утилізації твердих відходів. Термічні методи підготовки та переробки твердих відходів. Хімічні методи підготовки та переробки твердих відходів. Біологічні методи підготовки та переробки твердих відходів. Збір та складування твердих промислових відходів. Збір та транспортування твердих побутових відходів. Захоронення твердих побутових відходів. Полігони твердих побутових відходів. Методи переробки фільтратів полігонів твердих побутових відходів. Технології переробки твердих побутових відходів з отриманням біогазу. Експлуатація та рекультивація полігонів твердих побутових відходів. Сортування твердих побутових відходів. Маркування пакувальних матеріалів.

Основні забруднюючі речовини атмосферного повітря. Основні властивості пилу (дисперсність, адгезія, абразивність, змочуваність, електропровідність, електрична зарядженість часток, здатність часток до самозапилення.). Ефективність уловлювання твердих часток. Очистка газів в пилоосадових камерах. Очистка газів в інерційних пиловловлювачах. Очистка газів в циклонних апаратах. Очистка газів в пиловловлювачах різного типу. Очистка газів в фільтрах різного типу. Очистка газів в мокрих

пиловловлювачах. Скрубер Вентурі. Характеристика абсорбційних методів очищення газів.

## ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ

Характеристика основних видів рослинної сировини для виробництва напівфабрикатів. Відмінні особливості їх хімічного складу та анатомічної будови. Основні види волокнистих напівфабрикатів. Їх класифікація за способом одержання, виходом із сировини і ступенем проварювання. Області застосування. Целюлоза, її вміст в рослинній сировині, хімічна будова та основні властивості. Лігнін. Його вміст в рослинній сировині, хімічна будова та основні властивості. Основні процеси, які перебігають з лігніном та вуглеводами при сульфатному варінні. Особливості виробництва целюлози із однорічних рослин порівняно з деревиною.

Загальна схема виробництва целюлози сульфатним способом. Класифікація способів одержання целюлози та їх коротка характеристика. Техніка сульфатного варіння. Основні технологічні чинники, які впливають на процес. Характеристика складу відпрацьованих сульфатних щолоків та схема їх підготовки для біохімічного перероблення. Сучасні варіанти сульфатного варіння, які використовуються, характеристика складу розчинів, основні параметри варіння та області використання одержаного напівфабрикату. Одержання із відпрацьованих сульфатних щолоків етилового спирту та білкових кромових дріжджів. Використання побічних продуктів сульфатного варіння целюлози. Загальна технологічна схема виробництва целюлози сульфатним способом. Целюлоза та її основні властивості. Переваги та недоліки сульфатного та сульфатного способів одержання целюлози. Області їх застосування. Техніка сульфатного варіння. Основні технологічні чинники процесу. Підготовка відпрацьованих сульфатних щолоків до випарювання та загальна схема випарної установки. Загальна характеристика складу зеленого та білого щолоку сульфатного способу варіння. Схема одержання варильного розчину для сульфатного варіння. Одержання диоксиду хлору та його використання при вибілюванні целюлози. Умови вибілювання. Переваги та недоліки сульфатного та сульфатного способів одержання целюлози. Області їх застосування. Техніка сульфатного варіння. Основні технологічні чинники процесу. Основні процеси, які перебігають з лігніном та вуглеводами при сульфатному варінні целюлози. Основні властивості хлору і його сполук, як вибілюючих реагентів. Теорія процесу сушіння целюлози. Способи сушіння. Вплив умов сушіння на якість целюлози. Варіння целюлози з попереднім гідролізом. Використання гідролізату. Використання кисню і пероксиду водню для вибілювання целюлози. Умови вибілювання та екологічна доцільність їх використання порівняно із сполуками хлору. Сучасні тенденції процесу вибілювання целюлози. Відмінні особливості процесів варіння та вибілювання целюлози призначеної для виробництва паперу і для хімічного перероблення. Сутність натронного способу одержання целюлози, його переваги та недоліки.



Виробництво хіміко-термомеханічної маси (основні етапи, області використання). Особливості виробництва деревної маси під тиском. Види деревної маси, їх відмінні особливості та області їх застосування. Види деревної (механічної) маси та їх призначення. Чинники, що впливають на процес дефібрування деревної маси. Особливості ХТММ/ХММ з хвойної і листяної деревини. Виробництво дефібрерної деревної маси. Основні властивості хвойної і листяної деревини. Виробництво термомеханічної маси (основні етапи, області використання). Обкорування деревини. Мета і способи обкорування. Сорткування та очищення деревної маси. Принцип роботи основного обладнання. Латентність та її усунення. Деревна маса, як напівфабрикат. Загальна характеристика, властивості використання. Виробництво волокнистих напівфабрикатів високого виходу. Види деревної маси - коротка порівняльна характеристика.

Анатомічна будова та хімічний склад рослинних волокон. Загальна технологічна схема виробництва паперу та картону. Розмелювання. Ступінь проклеювання паперової маси. Теорія проклеювання Сучасні погляди на процес їх розмелювання при приготуванні паперової маси. Типи дискових млинів. Їх відмінності від інших розмелювальних апаратів. Основні технологічні характеристики дискових млинів (та інших розмелювальних апаратів). Очищення паперової маси на вузлоуловлювачах з одним і двома ситами. Вплив наповнювачів на основні властивості паперу. Сучасні чинники, які впливають на процес проклеювання. Відмінності процесів приготування паперової маси, призначеної для виробництва газетного, писального друкарського паперу. Основні чинники, які впливають на процес розмелювання волокна. Сучасний стан та перспективи розвитку целюлозно-паперового виробництва в Україні. Принцип роботи основного обладнання для вилучення із маси різного роду включень, а також для деаерації. Роль сірчаноокислого алюмінію та інших його сполук при проклеюванні паперу. Утримування наповнювачів в паперовій масі та основні чинники, що впливають на цей процес. Типи розмелювальних апаратів та їх вплив на процес розмелювання волокна. Загальні вимоги до наповнювачів паперової маси, їх коротка характеристика. Вплив процесу розмелювання на основні властивості паперу. Розпускання волокнистих напівфабрикатів у гідророзбивачах різного типу. Основні чинники, що впливають на процес розмелювання волокна. Загальна технологічна схема виробництва паперу та картону. Наповнювачі та їх вплив на основні властивості паперу. Забарвлення і підфарбовування паперу. Особливості фарбування при застосуванні барвників різних груп.

#### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Промислова екологія: підручник / О.І. Іваненко, Ю.В. Носачова. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. – 294 с.
2. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Фізико-хімічні методи доочищення води / Підручник з грифом Вченої ради НТУУ «КПІ». – К.: "Кондор-Видавництво", 2016. – 264 с.
3. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: Збір, переробка,

складування : Навч. посібник. – К.:Кондор, 2010. – 550 с.

4. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Омельчук Ю.А. Методи та технології очищення стічних вод: Навч. посібник. – Севастополь: СНУЯЕіП, 2010. – 244 с.

5. Екологічна безпека / М.Д.Гомеля, Т.О.Шаблій, О.В.Глушко, В.С.Камаєв. – К.: ТОВ «Інфодрук», 2010. – 246 с.

6. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.

7. Очистка та рекуперація промислових викидів целюлозно-паперових виробництв: навч. посіб. / Л. П.Антоненко, І. М. Дейкун, М. Д.Гомеля. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 188 с.

8. Хімія рослинних полімерів. Навч. посібник. За редакцією В.А. Барбаша – 2-ге вид., перероб. і доповн. - Київ: Каравела, 2018 – 440 с.

9. Технологія паперу і картону: навч. посібник / С.П. Примаков, В.А. Барбаш. – Київ: ЕМКО, 2008. – 425 с.

10. Технологія переробки паперу та картону. Ч. 1 : навчальний посібник. / Астратов М.С., Гомеля М.Д., Мовчанюк О.М. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 270 с.

11. Виробництво сульфатної целюлози і вибілювання целюлози/ Примаков С.П., Барбаш В.А., Чсрьопкіна Р.І. К.: ЭКМО, 2011. – 290 с.

12. П.А. Бехта, Р.О. Козак, О.П. Тушницький Комплексна хімічна переробка деревини. Навчальний посібник. К. : Основа. – 2004. – 176 с.

13. Антоненко Л.П., Дейкун І.М., Трембус І.В. Технологія виробництва механічної маси. / Л.П. Антоненко, І.М. Дейкун, І.В. Трембус – Київ, НТУУ «КПІ», 2015. – 534 с.

## ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

На комплексному фаховому випробуванні абітурієнт отримує екзаменаційний білет, який містить три теоретичних питання з різних професійних дисциплін, що входять до навчального плану підготовки студентів за освітньо-кваліфікаційним рівням «бакалавр».

Перше питання відноситься до дисципліни «Теоретична електрохімія» та оцінюється у 30 балів; друге запитання відноситься до дисципліни «Загальна хімічна технологія» та оцінюється у 30 балів; третє питання відноситься до професійної дисципліни та оцінюється у 40 балів. Отже максимально кожний вступник може набрати 100 балів. При перевірці завдань застосовуються критерії оцінювання, при розробці яких береться за основу повнота, правильність та логічність написання питання.

### **Критерії екзаменаційного оцінювання для першого та другого запитань**

- повна відповідь зі схемами, поясненнями, прикладами (не менше 95% потрібної інформації) – 30...28 балів;
- повна відповідь з неprinциповими неточностями (не менше 85% потрібної інформації) – 27...24 балів;
- повна prinципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів (не менше 75% потрібної інформації) – 23...19 бали;
- повна prinципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 65% потрібної інформації) – 18...14 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні prinципові неточності (не менше 60% потрібної інформації) – 13...9 балів;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) prinциповими неточностями (менше 50% потрібної інформації) – 8...1 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

### **Критерії екзаменаційного оцінювання для третього запитання**

- повна відповідь зі схемами, поясненнями, прикладами (не менше 95% потрібної інформації) – 40...38 балів;
- повна відповідь з неprinциповими неточностями (не менше 85% потрібної інформації) – 37...34 балів;
- повна prinципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів (не менше 75% потрібної інформації) – 33...29 бали;
- повна prinципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 65% потрібної інформації) – 28...23 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні prinципові неточності (не менше 60% потрібної інформації) – 22...15 балів;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) prinциповими неточностями (менше 50% потрібної інформації) – 14...1 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Загальна оцінка за комплексне фахове випробування оцінюється сумою балів з трьох питань. Таким чином, за результатами Комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів.

Оскільки вступний іспит до магістратури з іноземної мови проходить у форматі ЗНО та у відповідності до «Правил прийому до КПІ ім. Ігоря Сікорського в 2022 році» наводимо таблицю переведення оцінок за шкалою ECTS в 100-200 бальну (шкала відповідності оцінкам ЄВІ).

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів) оцінкам ЄВІ (100...200 балів)

Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

**ПЕРЕЛІК ДОВІДКОВО-ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ,**  
користуватися якими дозволяється вступнику на комплексному фаховому випробуванні:

На іспиті дозволяється користуватись тільки роздатковим матеріалом, який містить довідникові дані і виданий членами комісії на іспиті.

### **Розробники програми:**

Лінючева Ольга Володимирівна, д.т.н., професор,  
декан ХТФ

Донцова Тетяна Анатоліївна, д.т.н., завідувач кафедри  
технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної  
хімічної технології, ХТФ

Тобілко Вікторія Юріївна, к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри  
хімічної технології кераміки та скла, ХТФ

Миронюк Олексій Володимирович, к.т.н., доцент, в.о. завідувача  
кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, ХТФ

Чигиринець Олена Едуардівна, д.т.н., професор, завідувач  
кафедри фізичної хімії, ХТФ

Фокін Андрій Артурович, д.х.н., професор, завідувач кафедри  
органічної хімії та технології органічних речовин, ХТФ

Букет Олександр Іванович, к.т.н., в.о. завідувача кафедри  
технічної електрохімії, ХТФ

Гомеля Микола Дмитрович, д.т.н., професор, завідувач кафедри  
екології та технології рослинних полімерів, ІХФ

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Хіміко-технологічний факультет  
Інженерно-хімічний факультет

Спеціальність 161                      Хімічні технології та інженерія  
Освітньо-наукова  
програма «Хімічні ресурсоефективні технології неорганічних, органічних  
речовин, матеріалів та покриттів»

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №# (ЗРАЗОК)**

1. Опишіть принцип роботи технологічного обладнання контактного відділення виробництва сульфатної кислоти. Обґрунтуйте температурний режим роботи контактного апарата.
2. Розкрийте сутність та область застосування іонного обміну в процесах водопідготовки. Охарактеризуйте основні характеристики іонітів.
3. Наведіть хімічну схему отримання нітратної кислоти та опишіть вплив основних факторів на рівновагу процесу.

Гарант освітньо-наукової програми \_\_\_\_\_ Тетяна ДОНЦОВА