



Силабус освітнього компонента  
Програма навчальної дисципліни

## Каталіз в хімії та хімічній технології

Шифр та назва спеціальності  
161 Хімічні технології та інженерія

Інститут  
ННІ Хімічних технологій та інженерії

Освітня програма  
Хімічні технології та інженерія

Кафедра  
Хімічної технології неорганічних речовин,  
каталізу та екології (181)

Рівень освіти  
Бакалавр

Тип дисципліни  
Дисципліна вільного вибору студента  
профільної підготовки

Семестр  
6

Мова викладання  
Українська

### Викладачі, розробники



#### Казаків Валентин Васильович

[valentyn.kazakov@khpi.edu.ua](mailto:valentyn.kazakov@khpi.edu.ua)

Доктор технічних наук, професор

Досвід роботи – 11 років. Автор понад 140 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Теоретичні основи каталізу», «Каталіз в хімії та хімічних технологіях», «Технології мінеральних кислот»

Загальна інформація, кількість публікацій, основні курси тощо.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

### Загальна інформація

#### Анотація

«Каталіз в хімії та хімічній технології» – є однією з дисциплін професійної підготовки бакалавра за спеціалізацією 161.01 Хімічні технології неорганічних речовин. Її викладання забезпечують природничі дисципліни загальної підготовки і професійної підготовки за спеціальністю. При вивченні дисципліни передбачається одержання спеціальних знань і вмінь в області адсорбції і каталізу, щодо фізичних моделей та типів хімічної взаємодії каталітичних реакцій, активаційного процесу у каталітичних реакціях, поняття складу контактних мас, пористої структури і моделювання пористих тіл.

#### Мета та цілі дисципліни

Формування теоретичних знань та практичних навичок з питань каталізу щодо розуміння сутності адсорбції і каталізу, щодо фізичних моделей та типів хімічної взаємодії каталітичних реакцій, активаційного процесу у каталітичних реакціях, поняття складу контактних мас, пористої структури і моделювання пористих тіл, адсорбційно-десорбційних стадій каталітичного процесу, знання впливу різноманітних параметрів каталізатора та умов його експлуатації на

продуктивність каталітичного процесу, генерувати нові уявлення, переносити знання на нетипові, нестандартні ситуації щодо перебігу каталітичних процесів.

### **Формат занять**

Лекції, лабораторна робота, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

### **Компетентності**

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач.

Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії.

### **Результати навчання**

Коректне використання у професійній діяльності термінології та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі.

Знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості.

Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв.

Розуміти механізм і кінетику хімічних процесів в гетерогенних системах.

### **Обсяг дисципліни**

**Обсяг дисципліни:** 3 кредити ECTS, 90 год., в т.ч. лекції – 24 год., лабораторні роботи – 12, самостійна робота – 54 год.

**Індивідуальне завдання:** передбачено.

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: "Загальна та неорганічна хімія"; "Загальна хімічна технологія"; "Фізична хімія"; "Теоретичні основи технології неорганічних речовин", "Теоретичні основи каталізу".

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Лекції проводяться з використанням мультимедійних презентацій.

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

**Тема 1. Адсорбційна рівновага і її використання в каталізі.**

Обґрунтування необхідності використання адсорбційної рівноваги в каталізі. Ізотерма адсорбції. Характеристики ідеально адсорбованого шару. Кінетичний та термодинамічний вивід рівняння ізотерми адсорбції. Вивід рівняння залежності адсорбційного коефіцієнта від параметрів адсорбції. Фізична сутність константи адсорбційної рівноваги на ґрунті аналізу рівняння ізотерми Ленгмюра. Обґрунтування графічного виразу ізотерми Ленгмюра для ідеального адсорбованого шару. Розрахунок ступеня покриття поверхні та долі вільної поверхні за адсорбції зі суміші газів. Розрахунок ступеня покриття поверхні та долі вільної поверхні за адсорбції газів з дисоціацією.

**Тема 2. Фізичні моделі та типи хімічної взаємодії каталітичних реакцій.**

Фізичні моделі каталітичних реакцій, модель Ленгмюра-Хеншельвуда. Фізичні моделі каталітичних реакцій, модель Ріідела (ударний механізм). Елементарні стадії поверхневої каталітичної реакції за моделями Ленгмюра-Хеншельвуда та Ріідела. Можливі варіанти стадій утворення продуктів реакцій за моделями Ленгмюра-Хеншельвуда та Ріідела. Радикальний механізм каталітичної реакції. Радикал. Ланцюгові реакції нерозгалужені, розгалужені, з виродженими розгалуженнями, приклади.

### **Тема 3. Основи теорії хімічної реакції. Активаційний процес у некаталітичних реакціях.**

Теорія активних зіткнень. Розподіл молекул реагуючої системи за енергіями по закону Максвелла-Больцмана. Енергія активації та умовна енергія активації. Зміна реагуючої системи при некаталітичній реакції.

### **Тема 4. Активаційний процес у гетерогенно-каталітичних реакціях. Сутність прискорюючої дії каталізатора. Поняття об активних центрах.**

Зміна енергії реагуючої системи при перебігу гетерогенно-каталітичної реакції. Стехіометрія елементарних стадій. Теплота адсорбції перехідного активованого комплексу. Розрахунок уявної енергії активації гетерогенної каталітичної реакції. Співвідношення констант швидкостей гетерогенної каталітичної і гомогенної некаталітичної реакції. Поняття об активованих центрах поверхні каталізатора, приклади доказу їх існування. Фізична сутність передекспоніціального множника рівняння Ареніуса.

### **Тема 5. Виведення кінетичних рівнянь за гетерогенно-каталітичних реакцій для умов, коли лімітуюча стадія поверхнева хімічна реакція.**

Закон діючих поверхонь (закон Ленгмюра). Виведення кінетичних рівнянь каталітичних реакцій конверсії метану та оксиду вуглецю водяною парою за умови їх перебігу по фізичним моделям Ленгмюра-Хеншельвуда та Ріідела. Методологія постановки експерименту та визначення адсорбційних і кінетичних констант кінетичного рівняння.

### **Тема 6. Вивід кінетичного рівняння ідеального адсорбовано-го шару, коли лімітуючою стадією є активована адсорбція або активована десорбція.**

Аналіз кінетичного рівняння для оптимізації процесу.

### **Тема 7. Склад контактних мас.**

Контактні маси. Види каталізаторів по складу. Промотори. Змішані каталізатори, різновид складних каталізаторів.

### **Тема 8. Класифікація каталізаторів по методу приготування.**

Каталізатори, що отримують осадженням. Каталізатори, що отримують методом змішування. Каталізатори на носіях. Плавлені та скелетні каталізатори. Каталізатори на основі природних глин, природних цеолітів та синтетичних іонообмінних смол.

### **Тема 9. Основні причини зниження активності каталізаторів.**

Види отруєння. Термічна дезактивація. Блокування поверхні домішками.

### **Тема 10. Каталізатори на носіях.**

Мета нанесення каталізаторів. Розподіл активного компонента по зерну каталізатора. Методи нанесення і форми зв'язку активного компонента з носієм. Підбор каталізатора. Поняття об активному центрі.

### **Тема 11. Пориста структура каталізатора та її роль в каталізі. Структура пористих тіл.**

#### **Організовані та неорганізовані структури. Признаки пористих тіл.**

Термін «структура». Класифікація твердих тіл по структурному типу. Ознаки пористих тіл. Дискретність вільного об'єму. Властивості пористих тіл. Будова реальних пористих тіл. Губчаті структури. Глобулярні структури. Змішані структури. Пластичні пористі структури.

#### **Тема 12. Моделювання пористих структур.**

Основні параметри, що характеризують пористу структуру. Загальна питома поверхня каталізатора. Сумарний питоми об'єм пор. Середній радіус пор. Середній розмір глобул. Пористість.

#### **Тема 13. Причини необхідності встановлення характеристик пористої структури.**

Види моделей. Губчата модель. Розрахунок гідравлічного радіуса пор. Класифікація пористих матеріалів по розміру пор.

## **Теми практичних занять**

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

## Теми лабораторних робіт

### Лабораторна робота 1.

Визначення питомої поверхні каталізатора.

### Лабораторна робота 2.

Визначення загальної поруватості каталізатора.

### Лабораторна робота 3.

Визначення характеристик міцності каталізаторів.

### Лабораторна робота 4.

Проведення термічного та фазового аналізу каталізаторів.

### Лабораторна робота 5.

Визначення активності ванадієвого каталізатору у процесі окиснення діоксиду сірки.

### Лабораторна робота 6.

Визначення фотокаталітичної активності каталізаторів на основі оксиду титану у процесах окиснення органічних сполук.

## Самостійна робота

Самостійна робота за даною дисципліною передбачає опрацювання лекційного матеріалу, підготовку до заліку та самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях. Навчальним планом передбачене виконання індивідуального завдання за дисципліною.

## Література та навчальні матеріали

1. Технологія неорганічних речовин. Частина 1. Технологія газів / Волошин М. Д., Шестозуб А. Б, Черненко Я. М., Зеленська Л. О. — Дніпродзержинськ : 2009. — 268 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).
2. Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів: Конспект лекцій з розділу «Технологія каталізаторів». Лабораторний практикум. : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» /уклад. Т.І. Обушенко, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 300 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).
3. Каталізатори та сорбенти : навч. посібник / Я. М. Черненко, М. Д. Волошин, Л. П. Ларичева. - Кам'янське : ДДТУ, 2017. — 317 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).
4. Конспект лекцій з дисципліни „Каталізатори і сорбенти” для студентів заочної форми навчання спеціальності 8.05130101 "Хімічна технологія неорганічних речовин". / Укл.: доцент Черненко Я.М. Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2013 . – 52 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).
5. Янчук О. М., Марчук О. В. Фізична хімія. Хімічна кінетика та каталіз. Курс лекцій для студентів факультету хімії, екології та фармації. Луцьк: ПП Іванюк В.П., 2023. – 104 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).
6. Кінетичні закономірності перебігу хімічних реакцій: навчальний посібник / А. Г. Каплаушенко, Ю. Г. Самелюк, Ю. С. Фролова. – Запоріжжя : [ЗДМФУ], 2023. - 106 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).
7. Фізична хімія. Хімічна термодинаміка [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / уклад.: Т.А. Каменська, Г.А. Рудницька, М.Є. Пономарьов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,594 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 257 с. URL: [посилання](#) (дата звернення 24.01.2024).

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Поточний контроль реалізується у формі опитування. Семестровий контроль проводиться у формі диференційованого заліку (з оцінкою за 100-бальною шкалою) в усній формі за контрольними запитаннями.

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри  
Валентин КАЗАКОВ

Гарант ОП  
Ганна ЧЕРКАШИНА