

2025 – 2026 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія та механізми хімічних процесів» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Середня освіта (Хімія, біологія та здоров'я людини)» за предметними спеціальностями А4.06 Середня освіта (Хімія), А4.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), галузі знань А Освіта.

Розробник:

В.С. Барановський – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

1. Опис навчальної дисципліни

1	Освітня програма	Середня освіта (Хімія, біологія та здоров'я людини)
2	Спеціальність	А4 Середня освіта (за предметними спеціальностями)
3	Предметні спеціальності	А4.06 Середня освіта (Хімія), А4.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)
4	Галузь знань	А Освіта
5	Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
	Форма навчання	очна (денна), заочна
6	Статус дисципліни	обов'язкова
7	Мова навчання	українська
8	Курс	перший
9	Семестр	перший
10	Обсяг дисципліни в кредитах ЄКТС	3 кредити
11	Загальна кількість годин	90 год
12	Кількість змістових модулів	2 змістових модулі
11	Аудиторні заняття (год.)	денна форма навчання – 30 год, заочна форма навчання – 18 год.
12	Лекції (год.)	денна форма навчання – 10 год, заочна форма навчання – 6 год.
13	Лабораторні заняття (год.)	денна форма навчання – 20 год, заочна форма навчання – 12 год
14	Самостійна робота (год.)	денна форма навчання – 60 год, заочна форма навчання – 72 год
15	Вид ІНДЗ	Розв'язування практичних кейсів і розрахункових задач
16	Форма підсумкового контролю	екзамен
17	Електронна адреса дистанційного курсу	https://elr.tnpu.edu.ua/course/view.php?id=1343

Частка годин аудиторних занять становить: для денної форми навчання – 33.3 %; для заочної форми навчання – 20%. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 33,3 % до 66,7%, для заочної форми навчання – 20 % до 80 %.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни “Теорія та механізми хімічних процесів” є сформулювати у здобувачів освіти теоретичні знання про закономірності, механізми, енергетику та кінетику хімічних процесів, а також уміння аналізувати, моделювати та прогнозувати хімічні реакції на основі сучасних концепцій фізичної, органічної та неорганічної хімії.

3. Компетентності та результати навчання

Вивчення дисципліни передбачає формування у здобувачів таких компетентностей:

ЗК 2. Здатність цінувати українську національну культуру, виражати національну та громадянську ідентичність, виявляти толерантне ставлення до різних думок і поглядів в умовах полікультурного середовища; зберігати й примножувати моральні та наукові цінності на основі розуміння закономірностей розвитку предметної галузі, їх значення у розвитку суспільства, техніки й технологій.

ЗК 4. Здатність до системного, критичного мислення та прийняття конструктивних рішень на основі сформованих загальнолюдських цінностей, логічних аргументів та перевірених фактів.

СК 2. Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук і критично оцінювати інформацію, оперувати нею в професійній діяльності; ефективно використовувати цифрові ресурси і технології в освітньому процесі з хімії, біології, інтегрованих курсів та за потреби створювати нові.

СК 11. Здатність до інноваційної діяльності, інтегрування освітніх/наукових інновацій у власну педагогічну практику.

Вивчення навчальної дисципліни забезпечує досягнення здобувачами освіти таких програмних результатів навчання:

ПРН 2. Оперувати знаннями методології наукового пізнання як концептуальної основи професійної/інноваційної діяльності вчителя навчальних предметів хімії і біології, інтегрованих курсів; розуміти загальні тенденції й закономірності розвитку психологічної, педагогічної, хімічної і біологічної наук, їх роль для досягнення Глобальних цілей сталого розвитку, зокрема, якісної освіти, міцного здоров'я, гендерної рівності, партнерства заради сталого розвитку.

ПРН 8. Моделювати зміст навчальних предметів хімії і біології, інтегрованих курсів, адаптовувати його до потреб здобувачів освіти; створювати умови для формування і розвитку в них ключових компетентностей і наскрізних умінь; застосовувати міжпредметні зв'язки й інтеграцію змісту природничої та соціальної і здоров'язбережувальної освітніх галузей ЗЗСО, навчальних предметів/інтегрованих курсів.

ПРН 10. Організовувати навчання хімії і біології, інтегрованих курсів через дослідницьку діяльність; добирати доцільні форми, методи, прийоми й засоби для здійснення дослідницької діяльності здобувачами і представлення ними досягнутих результатів; створювати осередки навчання, виховання й розвитку.

ПРН 15. Виконувати трудові функції сучасного педагога; створювати здоров'язбережувальне освітнє середовище з урахуванням правил безпеки життєдіяльності та дій у надзвичайних ситуаціях, протидії булінгу, різним проявам насильства та дискримінації; залучати інших суб'єктів освітнього середовища (батьки, опікуни, громада) щодо освітніх проблем, стратегії Глобальних цілей сталого розвитку, популяризації природничої освіти.

ПРН 19. Виявляти авторитетність, інноваційність, самостійність і автономію, академічну доброчесність; надавати пріоритетність розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної діяльності.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач освіти повинен:
знати:

- теоретичні засади термодинаміки та кінетики хімічних процесів;
- закономірності перебігу одно- та багатостадійних реакцій;
- механізми основних типів хімічних реакцій (радикальних, йонних, комплексоутворення тощо);
- теорію активованого комплексу, поняття перехідного стану;
- сучасні підходи до моделювання реакційної здатності молекул;
- методи дослідження механізмів хімічних реакцій;
- роль каталізу, фотохімічних і електрохімічних процесів у сучасній хімії.

вміти:

- аналізувати енергетичні та кінетичні характеристики реакцій;
- визначати механізми реакцій за експериментальними даними;
- застосовувати термодинамічні та кінетичні рівняння для розрахунків;
- використовувати квантово-хімічні методи для прогнозування реакційної здатності;
- моделювати хімічні процеси з використанням комп'ютерних інструментів;
- обґрунтовувати вибір оптимальних умов проведення реакцій;
- інтерпретувати результати лабораторних експериментів.

4. 4. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Для успішного засвоєння навчальної дисципліни студенти повинні володіти базовими теоретичними знаннями із загальної та органічної хімії щодо природи хімічного зв'язку, електронної та просторової будови молекул, а також закономірностей реакційної здатності основних класів сполук. Необхідним підґрунтям є опанування фундаментальних розділів фізичної хімії, законів хімічної термодинаміки та формальної кінетики, а також базових принципів квантової хімії. Крім того, важливими є практичні навички роботи в хімічній лабораторії та використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання молекулярних структур й побудови енергетичних профілів реакцій. Обов'язковими пререквізитами є попереднє вивчення курсів «Загальна та неорганічна хімія», «Органічна хімія» та «Фізична хімія».

5. Програма навчальної дисципліни

5.1. Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ЕНЕРГЕТИКА ТА НАПРЯМЛЕНІСТЬ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Тема №1 Основні поняття й закони термодинаміки

Основні поняття термодинаміки: ізольовані і відкриті системи, рівноважні і нерівноважні системи, термодинамічні змінні, температура, інтенсивні і екстенсивні змінні. Рівняння стану. Теорема про відповідні стани.

Перший закон термодинаміки. Теплота, робота, внутрішня енергія, ентальпія, теплоємність. Закон Гесса. Стандартні стани і стандартні теплоти хімічних реакцій. Залежність теплового ефекту реакції від температури. Рівняння Кірхгофа. Таблиці стандартних термодинамічних величин і їх використання в термодинамічних розрахунках.

Другий закон термодинаміки. Ентропія і її зміни в оборотних і необоротних процесах. Теорема Карно-Клаузіуса. Різні шкали температур.

Фундаментальні рівняння Гіббса. Характеристичні функції. Енергія Гіббса, енергія Гельмгольца. Умови рівноваги і критерії самовільного проходження процесів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Робота і теплота хімічного процесу. Хімічні потенціали.

Хімічна рівновага. Закон діючих мас. Різні види констант рівноваги й зв'язок між ними. Ізотерма Вант-Гоффа. Рівняння ізобари та ізохори хімічної реакції. Термодинамічний розрахунок констант рівноваги та аналіз енергетичних характеристик реакцій з використанням довідкових даних та комп'ютерних інструментів.

Тема №2. Розчини. Фазові рівноваги

Різні типи розчинів. Способи вираження складу розчинів. Ідеальні розчини, загальна умова ідеальності розчинів. Тиск насиченої пари рідких розчинів, закон Рауля. Неідеальні розчини і їх властивості. Метод активностей. Коефіцієнти активності і їх визначення. Колігативні властивості розчинів. Зміна температури замерзання розчинів, кріоскопія. Осмотичні явища.

Гетерогенні системи. Поняття компонента, фази, ступеня вільності. Правило фаз Гіббса. Однокомпонентні системи. Діаграми стану води, сірки, фосфору й вуглецю. Фазові переходи першого роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.

Двокомпонентні системи. Різні діаграми стану двокомпонентних систем. Рівновага рідина - пара у двокомпонентних системах. Закони Гіббса-Коновалова. Азеотропні суміші. Фазові переходи другого роду. Трикомпонентні системи.

Тема №3. Адсорбція й поверхневі явища

Адсорбція. Адсорбент, адсорбат. Види адсорбції. Структура поверхні й пористість адсорбенту. Локалізована й делокалізована адсорбція. Мономолекулярна й полімолекулярна адсорбція. Динамічний характер адсорбційної рівноваги.

Ізотерми й ізобари адсорбції. Рівняння Генрі. Константа адсорбційної рівноваги. Рівняння Ленгмюра. Адсорбція з розчинів. Рівняння Брунауера-Еммета-Теллера (БЕТ) для полімолекулярної адсорбції. Визначення площі поверхні адсорбенту.

Поверхня поділу фаз. Вільна поверхнева енергія, поверхневий натяг, надлишкові термодинамічні функції поверхневого шару. Зміна поверхневого натягу на межі рідина - пара залежно від температури. Адсорбція з розчинів, роль поверхнево-активних речовин. Значення поверхневих явищ у природі та технологіях.

Тема №4. Електрохімічні процеси

Розчини електролітів. Йон-дипольна взаємодія як основний процес, що визначає стійкість розчинів електролітів. Коефіцієнти активності в розчинах електролітів. Середня активність і середній коефіцієнт активності, їх зв'язок з активністю окремих йонів. Основні положення теорії Дебая-Хюккеля. Термодинаміка гальванічного елемента. Електрорушійна сила, її вираження через енергію Гіббса реакції в елементі. Рівняння Нернста та Гібса-Гельмгольца для рівноважного електрохімічного ланцюга. Поняття електродного потенціалу. Визначення коефіцієнтів активності на основі вимірів ЕРС гальванічного елемента. Застосування електрохімічних рівнянь для розрахунків і обґрунтування напрямленості окисно-відновних реакцій.

Електропровідність розчинів електролітів; питома й еквівалентна електропровідність. Числа переносу, рухливість йонів і закон Кольрауша. Електрофоретичний і релаксаційні ефекти.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

КІНЕТИКА ТА МЕХАНІЗМИ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Тема №5. Хімічна кінетика

Основні поняття хімічної кінетики. Прості й складні реакції, молекулярність і швидкість простої реакції. Основний постулат хімічної кінетики. Способи визначення швидкості реакції. Кінетичні криві. Кінетичні рівняння. Константа швидкості й порядок реакції. Реакції змінного порядку.

Феноменологічна кінетика складних хімічних реакцій. Принцип незалежності елементарних стадій. Кінетичні рівняння для оборотних, паралельних і послідовних реакцій. Кінетика гомогенних каталітичних і ферментативних реакцій. Рівняння Міхаеліса-Ментен.

Ланцюгові реакції. Кінетика нерозгалужених і розгалужених ланцюгових реакцій. Кінетичні особливості розгалужених ланцюгових реакцій. Граничні явища в розгалужених ланцюгових реакціях.

Реакції в потоці. Реакції ідеального витіснення й ідеального змішання. Коливальні реакції. Макрокінетика. Роль дифузії в кінетиці гетерогенних реакцій. Кінетика гетерогенних каталітичних реакцій. Різні режими проходження реакцій (кінетична і зовнішня кінетична області, області зовнішньої й внутрішньої дифузії).

Залежність швидкості реакції від температури. Рівняння Арреніуса. Енергія активації та способи її визначення. Елементарні акти хімічних реакцій і фізичний зміст енергії активації. Термічний і нетермічний шляхи активації молекул. Теорія активних зіткнень. Розрахунок передекспоненціального множника за молекулярними сталими. Стеричний фактор.

Теорія перехідного стану (активованого комплексу). Поверхня потенційної енергії. Шлях і координата реакції. Статистичний розрахунок константи швидкості. Енергія й ентропія активації. Використання молекулярних сталих при розрахунку константи швидкості. Побудова та аналіз енергетичних профілів (координат) реакцій.

Різні типи хімічних реакцій. Мономолекулярні реакції в газах. Бімолекулярні й тримолекулярні реакції, залежність передекспоненціального множника від температури. Закономірності перебігу та механізми радикальних, йонних (електрофільних і нуклеофільних), молекулярних реакцій та процесів комплексоутворення.

Реакції в розчинах, вплив розчинника й заряду реагуючих частинок. Клітинний ефект і сольватація. Фотохімічні й радіаційно-хімічні реакції. Елементарні фотохімічні процеси. Зміна фізичних і хімічних властивостей молекул при електронному збудженні. Квантовий вихід. Закон Ейнштейна-Штарка.

Електрохімічні реакції. Подвійний електричний шар. Модельні уявлення про структуру подвійного електричного шару. Теорія Гуї-Чапмена-Грема. Електрокапілярні явища.

Тема №6. Механізми каталітичних процесів

Класифікація каталітичних реакцій і каталізаторів. Теорія проміжних сполук у каталізі, принцип енергетичної відповідності.

Гомогенний каталіз. Кисотно-основний каталіз. Кінетика й механізм реакцій специфічного кислотного каталізу. Функції кислотності Гамета. Кінетика і механізм реакцій загального кислотного каталізу. Рівняння Бренстеда. Специфічний і загальний основний каталіз. Нуклеофільний і електрофільний каталіз. Каталіз металокомплексними сполуками. Гомогенні реакції гідрування, їх кінетика й механізми.

Ферментативний каталіз. Адсорбційні й каталітичні центри ферментів. Активність і субстратна селективність ферментів. Коферменти. Механізми ферментативного каталізу.

Гетерогенний каталіз. Визначення швидкості гетерогенної каталітичної реакції. Питома й атомна активність. Селективність каталізаторів. Роль адсорбції в кінетиці гетерогенних каталітичних реакцій. Неоднорідність поверхні каталізаторів, нанесені каталізатори. Енергія активації гетерогенних каталітичних реакцій. Сучасні теорії функціонування гетерогенних каталізаторів. Основні промислові каталітичні процеси.

5.2 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	Усього	у тому числі			Усього	у тому числі		
		лекції	практичні заняття	самостійна робота		лекції	практичні заняття	самостійна робота
Змістовий модуль 1. ЕНЕРГЕТИКА ТА НАПРЯМЛЕНІСТЬ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ								
Тема №1 Основні поняття й закони термодинаміки	20	2	6	12	17	1	2	14
Тема №2. Розчини. Фазові рівноваги	14	2	4	8	13	1	2	10
Тема №3. Адсорбція й поверхневі явища	11	1	2	8	13	1	2	10
Тема №4. Електрохімічні процеси	12	1	2	8	13	1	2	10
Разом за змістовим модулем 1.	56	6	14	36	56	4	8	44
Змістовий модуль 2. КІНЕТИКА ТА МЕХАНІЗМИ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ								
Тема №5. Хімічна кінетика	22	2	4	16	21	1	2	18
Тема №6. Механізми каталітичних процесів	12	2	2	8	13	1	2	10
Разом за змістовим модулем 2.	34	4	6	24	34	2	4	28
Усього годин	90	10	20	60	90	6	12	72

5.3. Теми лекцій

№ з/п	№ теми	Назва теми	кількість годин	
			денна форма	заочна форма
1	1	Термодинаміка хімічних процесів	2	1
2	2-4	Фізико-хімічні процеси у розчинах і на межі поділу фаз. Адсорбційні та електрохімічні процеси.	4	2
3	5	Кінетичні закономірності хімічних процесів.	2	2
4	6	Механізми каталітичних реакцій	2	1
		Всього годин	10	6

5.4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1.	Теплові ефекти та напрямленість хімічних процесів	4	2
2.	Термодинаміка оборотних процесів.	2	1
3.	Фазові рівноваги та процеси у одно-, двох- і трикомпонентних системах.	4	2
4.	Мономолекулярна і полімоллекулярна адсорбція. Адсорбційна рівновага.	2	1
5.	Механізми електрохімічних процесів	2	2
6.	Методи визначення швидкості і порядку хімічних реакцій. Енергія активації хімічної реакції. Метод активних зіткнень.	4	2
7.	Гомогенно- і гетерогеннокаталітичні реакції.	2	2
	Разом	20	12

5.5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1.	Використання довідкових даних у термодинаміці: Робота з таблицями стандартних термодинамічних величин для розрахунків ентальпії, ентропії та теплоємності.	4	6
2.	Термодинамічний аналіз рівноваги: Розрахунок констант хімічної рівноваги та аналіз енергетичних характеристик реакцій з використанням комп'ютерних інструментів.	4	4
3.	Температурні шкали та оборотність процесів: Теорема Карно-Клаузіуса та порівняльний аналіз різних шкал температур.	4	4
4.	Практичне значення колігативних властивостей: Використання криоскопії та осмотичних явищ для аналізу розчинів та визначення характеристик розчинених речовин.	4	4
5.	Гетерогенні рівноваги у складних системах: Закони Гіббса-Коновалова, утворення азеотропних сумішей та аналіз діаграм стану трикомпонентних систем.	4	6
6.	Полімоллекулярна адсорбція: Аналіз ізотерм адсорбції за рівнянням Брунауера-Емета-Теллера (БЕТ) та методи визначення площі поверхні адсорбенту.	4	6
7.	Поверхневі явища на практиці: Специфіка адсорбції з розчинів, роль поверхнево-активних речовин у природі та сучасних технологіях.	4	4
8.	Електрохімічні розрахунки: Визначення коефіцієнтів активності в розчинах електролітів на основі вимірювання ЕРС гальванічного елемента.	4	6
9.	Транспортні явища в електролітах: Електропровідність розчинів, числа переносу, рухливість йонів та застосування закону Кольрауша.	4	4

10.	Кінетика складних та специфічних реакцій: Коливальні реакції, реакції в потоці (ідеальне витіснення та змішування).	4	4
11.	Макрокінетика: Роль дифузії в кінетиці гетерогенних реакцій та різні режими проходження процесів (кінетична та дифузійна області).	4	4
12.	Теорія активних зіткнень: Розрахунок передекспоненціального множника за молекулярними сталими, фізичний зміст стеричного фактора та термічний/нетермічний шляхи активації молекул.	4	6
13.	Фотохімічні реакції: Елементарні фотохімічні процеси, закон Ейнштейна-Штарка, квантовий вихід та зміна властивостей молекул при електронному збудженні.	4	4
14.	Ферментативна кінетика: Адсорбційні й каталітичні центри ферментів, субстратна селективність, коферменти та механізми каталізу (рівняння Міхаеліса-Ментен).	4	4
15.	Промисловий каталіз: Сучасні теорії функціонування гетерогенних каталізаторів, явище неоднорідності поверхні, нанесені каталізatori та аналіз основних промислових каталітичних процесів.	4	6
	Разом	60	72

5.6. Орієнтовна тематика індивідуальних завдань (розв'язування кейсів)

Індивідуальне навчально-дослідне завдання (ІНДЗ) виконується у формі аналітичного розв'язку запропонованої практичної ситуації (кейсу). Здобувач повинен застосувати теоретичні знання з термодинаміки, кінетики чи електрохімії для вирішення конкретної проблеми, обґрунтувати свої дії математичними розрахунками та зробити висновки.

Приклади практичних кейсів для самостійного розв'язання:

Кейс №1: «Оптимізація промислового синтезу: битва термодинаміки та кінетики»

Ситуація: Хімічному підприємству необхідно модернізувати цех із виробництва амоніаку (процес Габера-Боша). Керівництво пропонує значно знизити температуру в реакторі для зміщення рівноваги в бік продуктів реакції та відмовитися від дорогого каталізатора, підвищивши натомість тиск до екстремальних значень.

Завдання:

1. За допомогою термодинамічних розрахунків (ентальпії, ентропії, енергії Гіббса) доведіть або спростуйте твердження керівництва щодо зміщення рівноваги.
2. Використовуючи закономірності хімічної кінетики, поясніть, чому надмірне зниження температури унеможливить процес.
3. Опишіть механізм дії залізного каталізатора (з точки зору гетерогенного каталізу та енергії активації) і доведіть його критичну необхідність.

Кейс №2: «Фармацевтична кінетика: таємниця зіпсованих ліків»

Ситуація: Пацієнт залишив препарат (діюча речовина є нестабільною у водних розчинах) на столі при температурі +25 °C на 5 діб, хоча інструкція вимагає зберігання в холодильнику при +5 °C. Експертиза показала, що енергія активації реакції розкладу діючої речовини становить 85 кДж/моль.

Завдання:

1. Використовуючи рівняння Арреніуса, розрахуйте, у скільки разів зростає константа швидкості реакції розкладу при порушенні температурного режиму.
2. Визначте, скільки часу (в добах) "еквівалентного" зберігання в холодильнику пройшло за ці 5 діб при кімнатній температурі.

- Зробіть аргументований висновок щодо безпечності подальшого використання препарату.

Кейс №3: «Електрохімічний захист інфраструктури»

Ситуація: Приватна компанія проклала підземний сталевий трубопровід у ґрунті з високою кислотністю та підвищеною вологістю. Через два роки було виявлено наскрізну корозію.

Завдання:

- Опишіть механізм (рівняння реакцій) електрохімічної корозії заліза в даних умовах.
- Запропонуйте метод протекторного захисту (виберіть оптимальний метал-протектор з огляду на його електродний потенціал та економічну доцільність).
- Складіть схему утвореного гальванічного елемента, напишіть рівняння процесів на аноді й катоді та розрахуйте стандартну електрорушійну силу (ЕРС) такого захисного елемента.

Кейс №4: «Каталітичні нейтралізатори: проблема "отруєння"»

Ситуація: Власник автомобіля заправив авто неякісним паливом з високим вмістом сірковмісних сполук. Після цього бортовий комп'ютер видав помилку про критичне зниження ефективності каталітичного нейтралізатора вихлопних газів (окиснення CO до CO₂).

Завдання:

- Опишіть п'ять стадій гетерогенного каталітичного процесу окиснення чадного газу на платиновому каталізаторі.
- Використовуючи поняття хемосорбції та активних центрів, поясніть явище «отруєння каталізатора» молекулами сірководню або діоксиду сірки.
- Зобразіть енергетичний профіль (шлях реакції) для некаталітичного та каталітичного перебігу цієї реакції.

Кейс №5: «Вибір сорбенту для ліквідації екологічного лиха»

Ситуація: На підприємстві стався витік органічного барвника у водойму. Лабораторія протестувала два сорбенти: А (високопоруватий цеоліт) та Б (активоване вугілля). Аналіз показав, що ізотерма адсорбції для сорбенту А добре описується рівнянням Ленгмюра, а для сорбенту Б — рівнянням БЕТ (Брунауера-Емета-Теллера).

Завдання:

- Поясніть фізичний зміст відмінностей між мономолекулярною (Ленгмюр) та полімолекулярною (БЕТ) адсорбцією.
- Проаналізуйте, який з сорбентів буде більш ефективним на початковому етапі очищення (коли концентрація барвника у воді надзвичайно висока), а який — на етапі доочищення залишків. Обґрунтуйте відповідь теоретично.

Оформлення розв'язку кейсу повинно містити:

- Вступ (аналіз ситуації та ідентифікація фізико-хімічної проблеми);
- Теоретичне обґрунтування (залучення відповідних законів і рівнянь з дисципліни);
- Розрахункова частина (за наявності числових даних);
- Висновки (чітка відповідь на поставлені завдання або рекомендації щодо вирішення проблеми).

6.Форми та методи навчання

Вивчення дисципліни передбачає використання лекцій-візуалізацій, лабораторних практикумів, індивідуальних консультацій та самостійної роботи з реальними масивами термодинамічних і кінетичних даних. Ключовими методами навчання виступають аналіз практичних ситуацій (кейс-метод) і розв'язування комплексних розрахункових задач.

Застосування проєктного підходу дає змогу здобувачам освіти самостійно досліджувати термодинамічні й кінетичні закономірності, а також механізми перебігу обраних хімічних процесів. З метою раціонального використання аудиторного часу ефективно впроваджено методику «перевернутого класу», яка передбачає попереднє самостійне опрацювання студентами теоретичного матеріалу. Своєю чергою, формування та закріплення практичних навичок відбувається шляхом проблемного навчання, що спрямоване на самостійну побудову енергетичних профілів реакцій, теоретичний аналіз перехідних станів та ґрунтовну інтерпретацію механізмів хімічних перетворень.

7. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни «Теорія та механізми хімічних процесів» використовуються наступні засоби оцінювання:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- презентації результатів виконаних індивідуальних завдань;
- розв'язування задач;
- складання та розв'язування індивідуальних розрахункових кейсів.

8. Форми контролю

У процесі вивчення дисципліни «Теорія та механізми хімічних процесів» використовуються такі форми контролю:

- поточний контроль (оцінювання навчальної діяльності на практичних заняттях та виконання завдань самостійної роботи);
- модульний контроль (бали, накопичені впродовж вивчення змістового модуля);
- підсумковий контроль — екзамен у термін, визначений графіком навчального процесу.

9. Критерії та порядок оцінювання результатів навчання. Політика оцінювання

Оцінка за кожну змістову тему (максимум 10 балів) формується як сума балів за роботу на практичному занятті (максимум 5 балів) та виконання завдань самостійної роботи (максимум 5 балів).

Критерії оцінювання роботи на практичних заняттях (максимум 5 балів):

- 5 балів: здобувач демонструє ґрунтовні знання матеріалу практичного заняття в повному обсязі, вільно оперує фізико-хімічними поняттями, безпомилково розв'язує розрахункові задачі, аргументовано пояснює кінетичні та термодинамічні закономірності, виявляє креативність в аналізі ситуацій.
- 4 бали: здобувач демонструє повні та систематичні знання, успішно розв'язує задачі, здатний самостійно аналізувати хімічні процеси, однак допускає несуттєві неточності чи дрібні математичні помилки, які швидко виправляє.
- 3 бали: здобувач володіє основним матеріалом в обсязі, достатньому для подальшого навчання, може розв'язувати типові задачі за алгоритмом, але допускає суттєві помилки в теоретичному обґрунтуванні або розрахунках, які спроможний усунути лише з допомогою викладача.
- 2 бали: здобувач демонструє фрагментарні знання (засвоєно менше 50% необхідного обсягу), плутається в базовій термінології, має значні труднощі у розв'язуванні задач та побудові графіків.
- 1 бал: відповідь містить грубі помилки в аналізі хімічних явищ та використанні законів термодинаміки і кінетики, студент не здатний розв'язати задачі, порушена логіка мислення.
- 0 балів: здобувач не володіє матеріалом практичного заняття, відповідь відсутня або абсолютно неправильна.

Критерії оцінювання самостійної роботи (максимум 5 балів):

- 5 балів: завдання для самостійної роботи (опрацювання теоретичних питань, розв'язування домашніх задач) виконано в повному обсязі вчасно; матеріал глибоко проаналізовано; студент демонструє високий рівень самостійного мислення, правильність усіх обчислень та бездоганне оформлення результатів.
- 4 бали: завдання виконано повністю, проте наявні незначні недоліки в оформленні, недостатньо глибокий аналіз окремих теоретичних аспектів або поодинокі несуттєві помилки в розрахунках.
- 3 бали: завдання виконано частково (опрацьовано більше половини обсягу), присутній лише поверхневий аналіз матеріалу, наявні методичні чи обчислювальні помилки, які вплинули на кінцевий результат.
- 2 бали: завдання виконано менш ніж наполовину, рівень самостійності вкрай низький, наявні грубі теоретичні помилки, недбале оформлення роботи.
- 1 бал: завдання виконано формально або містить явні ознаки списування (плагіату); відсутнє розуміння опрацьованого матеріалу, студент не може пояснити хід своїх думок.
- 0 балів: завдання для самостійної роботи не виконано і не подано на перевірку у встановлений термін.

Критерії оцінювання ІНДЗ (розв'язування кейсів) – максимум 10 балів:

- Ідентифікація та обґрунтування фізико-хімічної проблеми (2 бали).
- Теоретична доказовість суджень та вибір правильних законів/рівнянь (2 бали).
- Правильність математичних розрахунків та побудови графіків (2 бали).
- Оригінальність висновків та повнота розв'язання поставлених завдань (2 бали).
- Структурованість та дотримання вимог до оформлення (2 бали).

Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Поточне тестування та самостійна робота						ІНДЗ	Підсумковий контроль	Сума
Змістовий модуль І				Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6			
10	10	10	10	10	10			

Позначення в таблиці: T – тема; ІНДЗ – індивідуальне навчально-дослідне завдання.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
64-74	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
------	---	--	---

Політика щодо дедлайнів та перескладання

Перескладання змістових модулів чи здача простроченої самостійної роботи відбувається із дозволу викладача (або деканату) за наявності поважних причин. У випадку виникнення конфліктних ситуацій слід керуватися нормами «Положення щодо врегулювання конфліктних ситуацій у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка».

Політика щодо академічної доброчесності

Обов'язково дотримуватися «Положення про академічну доброчесність та етику академічних взаємовідносин у ТНПУ ім. В. Гнатюка». Списування під час розв'язання задач, написання контрольних робіт чи виконання ІНДЗ є суворо забороненим. Виявлення плагіату в самостійній роботі оцінюється в 0 балів. Доцільність та дозвіл на використання мобільних пристроїв визначається викладачем у кожному конкретному випадку під час практичних занять.

Політика щодо відвідування.

Відвідування занять є обов'язковим. За наявності об'єктивних причин (хвороба, працевлаштування за фахом, дуальна освіта, стажування) навчання може відбуватись в асинхронному або дистанційному форматі за попереднім погодженням із викладачем курсу.

10. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

- Опорні конспекти лекцій;
- Довідники термодинамічних величин.
- Мультимедійний проектор, інтерактивна панель – демонстрація презентацій;
- Програмне забезпечення: для побудови графіків та розрахунків (EXCEL, Origin, MathCAD).
- спеціалізоване хімічне ПЗ для візуалізації молекул і перехідних станів (ACDLabs, HyperChem тощо).

11. Рекомендована література

Основна

1. Кабачний В.І., Осіпенко Л.К., Грицан Л.Д., Колеснік В.П., Томаровська Т.О., Капустіна Л.П., Лабужева Я.А., Друшлякова Л.В. Фізична і колоїдна хімія. Харків: НФАУ: Золоті сторінки, 2015. 432 с.
2. Гомонай В.І. Фізична та колоїдна хімія. Вінниця: Нова книга, 2014. 496 с.
3. Барановський В. С. Симчак Р. В., Тулайдан Г. М. Тестові завдання з фізичної і колоїдної хімії: навчальний посібник. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2020. 105 с.
4. Рубцов В. І. Фізична хімія: задачі та вправи : навчальний посібник : 2-ге вид., випр. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. 416 с.
5. Волошинець В.А. Фізична та колоїдна хімія: фізико-хімія дисперсних систем та полімерів. Навчальний посібник. Четверте видання, перероблене і доповнене. Львів: Львівська політехніка, 2017. 200 с.
6. Тулайдан Г.М., Гришук Б.Д., Барановський В.С.. Загальна хімія: навчальний посібник для студентів природничих спеціальностей педагогічних закладів вищої освіти. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2023. 110 с
7. Грабовська О.В., Ковалевська Є.І., Максимова І.М., Подобій О.В. Фізична і колоїдна хімія: навч. посібник. Київ: НУХТ. 2017. 327 с.

Допоміжна

1. Atkins P., de Paula J., Keeler J. Atkins' Physical Chemistry. 12th ed. Oxford : Oxford University Press, 2023. 960 p.
2. Tinoco I., Sauer K., Wang J. C., Puglisi J. D. Physical Chemistry: Principles and Applications in Biological Sciences. 5th ed. Upper Saddle River : Pearson Prentice Hall, 2014. 704 p.
3. Devoe H. Thermodynamics and Chemistry. 2nd ed. Howard Devoe, University of Maryland, 2020. 531 p..
4. Carey F. A., Sundberg R. J. Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and Mechanisms. 5th ed. New York : Springer, 2007. 1199 p.
5. Sykes P. A Guidebook to Mechanism in Organic Chemistry. 6th ed. Harlow : Pearson Education, 1986. 416 p.
6. Jordan R. B. Reaction Mechanisms of Inorganic and Organometallic Systems. 3rd ed. New York : Oxford University Press, 2007. 384 p.

12. Інформаційні ресурси

1. ЕНМКД Теорія та механізми хімічних процесів
<https://elr.tnpu.edu.ua/course/view.php?id=1343>
2. ЕНМКД Фізична та колоїдна хімія
<https://elr.tnpu.edu.ua/course/view.php?id=1368>
3. Останні досягнення у галузі фізичної хімії:
4. <https://www.nature.com/subjects/physical-chemistry>,
https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps
5. Онлайн-ресурси для навчання хімії:
6. <http://chemcollective.org/physical>, <https://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-60-thermodynamics-kinetics-spring-2008/>,
7. <https://www.coursera.org/learn/physical-chemistry>