

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра фізичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету

Олег КАЛУГІН



“31” серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**ФІЗИЧНА ТА КОЛОЇДНА ХІМІЯ**

рівень вищої освіти	<u>Перший (бакалаврський)</u>
галузь знань	<u>10 Природничі науки</u>
спеціальність	<u>102 Хімія</u>
освітня програма	<u>за освітньо-професійною програмою</u> <u>"Харчова хімія та харчова безпека"</u>
Спеціалізація	Харчова хімія та харчова безпека
вид дисципліни	<u>Обов'язкова</u>
факультет	<u>Хімічний</u>

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою хімічного факультету  
30 серпня 2023 року, протокол № 8.


**РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:**

Рубцов В.І., кандидат хім. наук, доцент, доцент ЗВО кафедри фізичної хімії

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної хімії


Протокол від 28 серпня 2023 року, № 1.

В.о.завідувача кафедри фізичної хімії

  
\_\_\_\_\_ Олександр ЛЕБІДЬ  
(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми  
(керівником проектної групи) хімія  
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми  
(керівник проектної групи) хімія

  
\_\_\_\_\_ Олег КАЛУГІН  
(підпис)

Програму погоджено методичною комісією хімічного факультету

Протокол від 29 серпня 2023 року, № 1.

Голова методичної комісії хімічного факультету

  
\_\_\_\_\_ Павло ЄФІМОВ  
(підпис)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Фізична та колоїдна хімія**» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалаврів;

Спеціальність 102–хімія, за освітньо-професійною програмою "Харчова хімія та харчова безпека".

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння студентами теоретичних основ, принципів та законів сучасної фізичної хімії, фізико-хімії поверхневих явищ та дисперсних систем, формування здатності до розуміння та аналізу процесів та явищ, які спостерігаються при проведенні хіміко-технологічних операцій та фізико-хімічному аналізі; навчання методам розрахунку для визначення напряму перебігу хімічних процесів, їх енергетики та стану рівноваги; методам проведення експериментальних досліджень властивостей хімічних речовин і процесів та аналізу експериментальних даних. На базі фізичної хімії дати основні поняття фізико-хімічної науки про дисперсні системи. Показати відмінності та спільні риси фізико-хімії гомогенних та мікрогетерогенних систем, дати характеристику особливостям колоїдного стану речовини і основних законів, які описують властивості речовини в дисперсному стані. Дати знання для визначення властивостей поверхонь розділу, дисперсних систем, зокрема зв'язку їх будови із стабільністю, ознайомлення студентів із сучасними напрямками розвитку теоретичних та експериментальних досліджень у галузі фізичної та колоїдної хімії.

#### 1.2. Основні завдання вивчення навчальної дисципліни

##### 1.2.1. Формування наступних загальних компетентностей:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
3. Здатність працювати у команді.
4. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
11. Здатність бути критичним і самокритичним.

##### 1.2.2. Формування наступних фахових компетентностей:

2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.
7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.
8. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.
9. Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.
10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.
11. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність).
21. Здатність аналізувати явища, які спостерігаються при проведенні експериментальних досліджень фізико-хімічних властивостей; здатність досліджувати дисперсні системи.

1.3. Кількість кредитів: **18**.

1.4. Загальна кількість годин: **540**.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Денна форма навчання	Нормативна
Рік підготовки	2-й
Семестр	3, 4-й
Лекції	96 год.
Практичні, семінарські заняття	32 год.
Лабораторні заняття	128 год.
Самостійна робота	284 год.
Індивідуальні завдання	Курсова робота

## 1.6. Заплановані результати навчання

**P01.** Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

**P03.** Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

**P04.** Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

**P05.** Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин

**P08.** Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

**P09.** Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

**P10.** Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.

**P13.** Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

**P14.** Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.

**P15.** Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

**P17.** Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.

**P18.** Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

**P20.** Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.

**P35.** Знати основні поняття та визначення термодинаміки; основні поняття та визначення хімічної кінетики; основні поняття колоїдної хімії та фізико-хімії поверхневих явищ. Вміти виводити та аналізувати відповідні співвідношення, використовувати їх при розв'язанні практичних задач.

### **Знати:**

- Основні поняття та визначення хімічної термодинаміки, системи одиниць та експериментальні фізико-хімічні властивості речовин;

- зміст першого закону термодинаміки, розрахунки теплоти та роботи у різних процесах, основи термохімії, закон Геса та наслідки з нього, застосування рівнянь Кірхгофа;

- зміст другого закону термодинаміки та його математичне формулювання, зміст та доведення теорем Карно-Клаузіуса, визначення ентропії як функції стану;

- постулат Планка про абсолютне значення ентропії, статистичний зміст ентропії та формула Больцмана;

- основи математичного апарату термодинаміки - поняття про термодинамічні потенціали, характеристичні функції, рівняння Гіббса-Гельмгольца, поняття про хімічний потенціал, фундаментальне рівняння Гіббса;

- основи термодинамічного опису ідеальних та реальних газів, метод леткості (фугітивності);
- рівняння Клаузіуса-Клапейрона та його виведення, фазові діаграми стану однокомпонентних систем;
- основи термодинамічного опису фазової рівноваги у рідких бінарних системах, закон Рауля, закон Генрі, явища криоскопії, ебуліоскопії, осмосу та їх використання;
- фазові діаграми стану бінарних систем рідина – пара, правило важеля та закони Коновалова;
- основи термічного аналізу, фазові діаграми стану бінарних систем рідина – тверде тіло;
- зміст, термодинамічне виведення та застосування закону діючих мас, константи хімічної рівноваги та її залежності від різних чинників;
- рівняння ізотерми та ізобари хімічної реакції, поняття про хімічну спорідненість;
- основи уявлень про розчини електролітів, міжіонні взаємодії, сольватацію, застосування методу активності для розчинів електролітів;
- основні положення електростатичної теорії Дебая–Хюккеля, розрахунок енергії міжіонної взаємодії, розрахунок коефіцієнтів активності іонів;
- кислотно-основні рівноваги, теорію Бренстеда, автоіонізацію води, шкалу рН;
- головні закономірності електричної провідності розчинів електролітів, рівняння Дебая-Онзагера, кондуктометрію та її застосування для дослідження розчинів;
- електрохімічні процеси на межі метал-розчин, механізми виникнення електродного потенціалу та електрорушійної сили, рівняння Нернста;
- електрохімічні елементи, електродні потенціали, електрорушійну силу, типи електродів, іонообмінні та скляний електроди;
- застосування потенціометричних методів дослідження на практиці;
- основні поняття та визначення хімічної кінетики: молекулярність та порядок реакції, основний постулат хімічної кінетики;
- формальну кінетику основних типів односторонніх реакцій, формальну кінетику деяких складних реакцій;
- залежність швидкості реакції від температури, рівняння Арреніуса, енергію активації;
- основні уявлення про теорії хімічної кінетики: теорію активних співударів, теорію перехідного стану, теорії ланцюгових та фотохімічних реакцій;
- уявлення про каталіз, каталітичні процеси, теорії каталізу.
- особливі ознаки мікрогетерогенних систем; класифікація поверхневих явищ та дисперсних систем;
- термодинаміку поверхневих явищ, поверхневу енергію, дисперсність та термодинамічні властивості тіл. Вплив дисперсності на внутрішній тиск. Капілярні явища. Формулу Жюрена. Залежність термодинамічної реакційної здатності від дисперсності.
- адсорбційні явища на межі розділу фаз. Адсорбція та поверхневий натяг. Будова та властивості адсорбційних шарів на межі розділу фаз вода – повітря. Фундаментальне адсорбційне рівняння Гіббса. Поверхнева активність. Правило Дюкло–Траубе. Поверхнево-активні речовини (ПАР), їх класифікацію. Методи визначення поверхневого натягу,
- адсорбцію газів та парів на однорідній поверхні. Адсорбційні взаємодії при фізичній адсорбції. Мономолекулярну адсорбцію. Ізотерму адсорбції Ленгмюра.
- теорію полімолекулярної адсорбції Брунауера–Еммета–Теллера (БЕТ). Адсорбція газів та парів на неоднорідній поверхні (пористі тіла). Зміст потенціальної теорії Поляні.
- ліо(гідро)філізація та ліо(гідро)фобізація поверхонь. Вплив адсорбційних шарів ПАР на змочування, розтікання та адгезію;
- молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем, Броунівський рух та дифузія в колоїдних системах. Закономірності седиментації в гравітаційному полі. Седиментаційний аналіз дисперсності суспензії.

- оптичні властивості дисперсних систем. Явище розсіяння світла колоїдними системами. Формулу Релея. Методи дослідження ультрамікрогетерогенних систем, які ґрунтуються на явищах розсіяння світла: ультрамікроскопія, турбідиметрія, нефелометрія.

- електричні властивості дисперсних систем. Утворення та будову подвійного електричного шару (ПЕШ). Електрокінетичний потенціал ( $\zeta$ -потенціал). Вплив індиферентних та неіндиферентних електролітів на структуру ПЕШ та  $\zeta$ -потенціал. Перезарядку поверхні. Ізоелектричний стан. Електрокінетичні явища та методи їх вивчення. Рівняння Гельмгольца-Смолуховського, експериментальне визначення  $\zeta$ -потенціалу.

- Методи одержання дисперсних систем. Ліофобні дисперсні системи. Термодинамічні основи утворення зародків нової фази. Конденсаційне утворення дисперсних систем.

- ліофільні колоїдні системи. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) в розчинах ПАР, методи її визначення. ПАР в миючих засобах. Солюбілізацію.

- стійкість дисперсних систем. Агрегативну та седиментаційну стійкості дисперсних систем, фактори, що впливають на них. Основи теорії Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО).

- закономірності коагуляції гідрофобних золів електролітами. Правило Шульце-Гарді. Поріг коагуляції. Кінетичне рівняння Смолуховського. Кінетику повільної коагуляції. Зони стійкості при перезарядці колоїдних часточок. Пептизацію та взаємну коагуляцію золів.

- піни та емульсії, одержання та фактори їх стійкості. Аерозолі, особливість будови та властивості. Стійкість та руйнування аерозолів в природі та техніці.

- фізико-хімічну механіку дисперсних систем. Способи опису механічних властивостей тіл. Реологію. Основні поняття та ідеальні закони реології: модель пружного тіла, модель гнучкого тіла, модель пластичного тіла.

- класифікацію дисперсних систем за структурно-механічними властивостями. Ньютонівські та неньютонівські рідини. Рівняння Ньютона. Бінгамівські та небінгамівські твердоподібні системи. Структуроутворення в дисперсних системах.

- в'язкість коагуляційно та флокуляційно структурованих систем. Повна реологічна крива. Явища тиксотропії та синерезису, їх роль в техніці, природі.

#### **Вміти:**

- виводити та аналізувати основні співвідношення з курсу фізичної та колоїдної хімії, використовувати їх при розв'язанні задач та виконанні лабораторних робіт.

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

### **Вступ**

Предмет та задачі фізичної та колоїдної хімії. Основні етапи історичного розвитку фізичної хімії як сучасної теоретичної основи хімії. Основні розділи та методи фізичної хімії. Колоїдна хімія як складова фізичної хімії – хімія поверхневих явищ та дисперсних систем.

### **Розділ 1. Хімічна термодинаміка**

#### **Тема 1.1. Перший закон термодинаміки**

Хімічна термодинаміка та її зміст. Основні поняття та визначення термодинаміки – термодинамічна система, стан, параметри стану, функції стану, процеси. Робота та теплота процесу. Оборотні та необоротні процеси. Перший закон термодинаміки, його формулювання. Внутрішня енергія. Ентальпія. Робота та зміна внутрішньої енергії в різних процесах. Теплоємність середня та істинна, залежність від температури. Теплові ефекти при сталому тиску та сталому об'ємі. Закон Гесса. Теплоти утворення, теплоти згоряння. Теплоти розчинення. Залежність теплового ефекту від температури. Рівняння Кірхгофа.

#### **Тема 1.2. Другий закон термодинаміки**

Самочинні та несамоочинні процеси. Формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теореми Карно–Клаузіуса. Ентропія. Зміна ентропії в різних процесах. Зміна

ентропії ізольованої системи та напрямок процесу. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Термодинамічна імовірність. Ентропія та ймовірність. Формула Больцмана. Постулат Планка, абсолютне значення ентропії. Розрахунок абсолютного значення ентропії.

### **Тема 1.3. Термодинамічні потенціали**

Об'єднаний перший та другий закони термодинаміки для оборотних та необоротних процесів. Максимальна та максимальна корисна роботи. Енергія Гельмгольца. Енергія Гіббса. Термодинамічні потенціали. Визначення напрямку процесів та стану рівноваги за змінами термодинамічних потенціалів. Характеристичні функції. Рівняння Гіббса–Гельмгольца. Робота та теплота хімічного процесу. Теплова теорема Нернста (третій закон термодинаміки). Хімічний потенціал, його визначення, властивості, розрахунок.

### **Тема 1.4. Ідеальні та реальні гази**

Ідеальний газ. Рівняння стану. Реальні гази. Леткість. Методи розрахунку леткості.

Поняття про парціальні мольні та удавані величини, їх визначення, властивості, методи розрахунку. Рівняння Гіббса–Дюгема. Термодинамічні потенціали газових сумішей. Ідеальні та нескінченно розведені розчини. Реальні розчини. Активність, коефіцієнти активності. Стандартизація активності.

### **Тема 1.5. Фазові рівноваги**

Фазові перетворення. Рівняння Клаузіуса–Клапейрона. Теплота фазових перетворень. Вплив загального тиску на тиск насиченої пари. Поняття складової, компоненту, ступеней свободи. Правило фаз Гіббса. Діаграми стану для однокомпонентних систем. Енантіотропні та монотропні перетворення.

### **Тема 1.6. Гетерогенні рівноваги у бінарних системах. Трикомпонентні системи**

Тиск пари над розчином. Закон Рауля та відхилення від нього. Розчинність газів. Закон Генрі. Залежність розчинності газів від температури. Розрахунок тиску і складу пари над розчином. Перший закон Коновалова. Правило важеля. Діаграми стану "загальний тиск – склад", "температура кипіння – склад". Перегонка (ректифікація). Азеотропні суміші. Другий закон Коновалова. Розчинність твердих речовин. Залежність ідеальної розчинності від температури. Рівняння Шредера. Кріоскопія. Ебуліоскопія. Осмос, осмотичний тиск. Діаграми стану тверде тіло – рідина. Термічний аналіз. Системи з утворенням хімічних сполук. Евтектика та перитектика. Системи з обмеженою взаємною розчинністю компонентів. Розподіл речовини між двома розчинниками. Закон розподілу Нернста. Екстракція.

### **Тема 1.7. Хімічна рівновага**

Закон діючих мас. Константа хімічної рівноваги, способи її вираження та зв'язок між ними. Рівняння ізотерми хімічної реакції. Хімічна спорідненість. Розрахунок рівноваги за термодинамічними даними. Вплив зовнішніх факторів на положення хімічної рівноваги. Принцип рухливої рівноваги. Залежність констант рівноваги від тиску та температури. Хімічні рівноваги в гетерогенних системах. Розрахунок хімічної рівноваги.

## **Розділ 2. Розчини електролітів**

### **Тема 2.1. Електролітична дисоціація**

Електролітична дисоціація в розчинах. Теорія Арреніуса, її недоліки. Сольватація. Теорія Борна. Активність та коефіцієнти активності іонів, середньоіонні величини. Вплив розчинника на електролітичну дисоціацію.

### **Тема 2.2. Теорія розчинів сильних електролітів**

Міжіонні взаємодії. Іонна сила розчину. Правило іонної сили. Основні положення теорії Дебая–Хюккеля. Розрахунок коефіцієнтів активності.

### **Тема 2.3. Іонні рівноваги в розчинах електролітів**

Розчини слабких електролітів. Концентраційна та термодинамічна константи дисоціації. Кислотно-основні рівноваги. Теорія Бренстеда. Класифікація розчинників. Дисоціація води. рН. Індикатори. Індикаторний метод визначення рН. Криві титрування. Розчинність малорозчинних електролітів. Добуток розчинності.

## **Тема 2.4. Нерівноважні явища в розчинах електролітів**

Електрична провідність розчинів. Питома та молярна електричні провідності, залежність їх від концентрації. Рухомість іонів та закон Кольрауша. Числа переносу, методи їх визначення. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Ефекти Віна та Дебая–Фалькенгагена. Рівняння Онзагера. Кондуктометрія. Кондуктометричне титрування.

## **Розділ 3. Електрохімічні елементи та електрохімічні процеси**

### **Тема 3.1. Електродна рівновага**

Електрохімічні процеси. Електрорушійна сила. Термодинаміка електрохімічних елементів. Електроди, типи електродів: першого, другого, третього роду, іонообмінні, окисно-відновні. Скляний електрод. Стандартні електродні потенціали. Рівняння Нернста. Воднева шкала електродних потенціалів.

### **Тема 3.2. Електрохімічні кола**

Теорії виникнення електродного потенціалу та електрорушійної сили. Поверхневий, зовнішній та внутрішній потенціали. Потенціали Гальвані і Вольта. Гальвані-потенціал на межах метал – метал, метал – розчин. Складові електрорушійної сили. Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Природа дифузійного потенціалу. Концентраційні та хімічні кола.

Застосування електрохімічних кіл для вивчення констант рівноваги, добутку розчинності, рН у розчинах електролітів. Потенціометричне титрування та його види.

Хімічні кола як джерела електричної енергії. Первинні та вторинні джерела електричного струму. Акумулятори. Паливні елементи.

## **Розділ 4. Хімічна кінетика та каталіз**

### **Тема 4.1. Формальна кінетика**

Швидкість хімічної реакції. Основний постулат хімічної кінетики. Молекулярність та порядок реакції. Константа швидкості реакції. Односторонні реакції першого, другого, *n*-ного порядку. Методи визначення порядку реакції. Складні реакції – двосторонні, паралельні, послідовні. Принцип стаціонарності Боденштейна. Залежність швидкості реакції від температури. Рівняння Арреніуса. Енергія активації. Поняття про складні реакції: ланцюгові реакції, фотохімічні процеси. Кінетичні особливості розгалужених ланцюгових реакцій. Півострів спалаху. Тепловий вибух.

### **Тема 4.2. Теорії хімічної кінетики**

Теорія активних співударів. Рівняння для константи швидкості. Енергія активації та передекспоненційний множник. Стеричний фактор. Теорія перехідного стану (активованого комплексу). Основне рівняння теорії. Термодинамічний аспект теорії. Ентропія активації. Співставлення теорій. Мономолекулярні реакції. Схема Ліндемана. Теорії Хіншельвуда, Касселя, Слейтера. Реакції в розчинах. Вплив розчинника на швидкість реакції. Фотохімічні реакції. Елементарні фотореакції і процеси. Квантовий вихід. Кінетичні рівняння фотохімічних реакцій.

### **Тема 4.3. Каталітичні реакції**

Визначення каталізу. Загальні принципи каталізу. Значення каталітичних процесів. Гомогенний каталіз. Кислотно-основний каталіз. Кінетика і механізм специфічного кислотного каталізу. Гетерогенний каталіз. Активність та селективність каталізаторів. Отруєння каталізаторів. Активні центри гетерогенних каталізаторів і роль адсорбції у кінетиці гетерогенних каталітичних реакцій. Енергія активації гетерогенних каталітичних реакцій. Неоднорідність поверхні. Нанесені каталізатори. Теорія мультиплетів Баландіна. Принципи геометричної та енергетичної відповідності. Теорія ансамблів Кобозева. Визначення складу активних центрів. Електронні теорії каталізу.



## **Розділ 5. Фізична хімія поверхневих явищ та дисперсних систем.**

### **Тема 5.1. Термодинаміка поверхневих явищ та будова поверхні розділу фаз**

Геометричні параметри поверхні. Границя розділу фаз, її силове поле. Поверхневий натяг, його фізичний зміст та термодинамічне визначення. Поверхнева енергія та міжмолекулярні взаємодії в конденсованих фазах.

Поверхні розділу конденсованих фаз. Крайовий кут змочування та робота адгезії. Формула Дюпре. Розтікання рідини. Селективне змочування: ліо/гідро/фільні та ліо/гідро/фобні поверхні. Міжфазний натяг на поверхні розділу насичених розчинів двох обмежено розчинних рідин, правило Антонова.

Дисперсність та термодинамічні властивості тіл. Вплив дисперсності на внутрішній тиск. Формула Лапласа. Поверхнева енергія та рівноважні форми тіл. Капілярні явища. Формула Жюрена. Залежність термодинамічної реакційної здатності від дисперсності. Формула Томсона (Кельвіна) та Фрейндліха-Оствальда. Методи визначення поверхневого натягу на межі розділу фаз.

### **Тема 5.2. Адсорбційні шари та вплив їх на властивості дисперсних систем**

Адсорбційні явища на межі розділу фаз. Адсорбція та поверхневий натяг. Будова та властивості адсорбційних шарів на межі розділу фаз вода – повітря. Фундаментальне адсорбційне рівняння Гіббса. Поверхнева активність. Правило Дюкло–Траубе. Поверхнево-активні речовини (ПАР) та їх класифікація. Залежність поверхневого натягу від концентрації ПАР, рівняння Шишковського.

Адсорбція газів та парів на однорідній поверхні. Адсорбційні взаємодії при фізичній адсорбції. Мономолекулярна адсорбція. Ізотерма адсорбції Ленгмюра. Взаємозв'язок рівнянь Ленгмюра та Шишковського.

Вплив на адсорбцію природи адсорбенту та адсорбата. Хемосорбція. Енергетичні параметри адсорбції. Теорія полімолекулярної адсорбції Брунауера-Еммета-Теллера (БЕТ). Кінетика адсорбції. Активована та неактивована адсорбція. Адсорбція газів та парів на неоднорідній поверхні (пористі тіла). Потенціальна теорія Поляні. Теорія капілярної конденсації.

Молекулярна та іонна адсорбція із розчинів на твердій поверхні. Селективна адсорбція із розчинів. Іонообмінна адсорбція. Рівновага іонного обміну. Рівняння Нікольського. Практичне застосування іонообмінної адсорбції.

### **Тема 5.3. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем**

Броунівський рух та дифузія в колоїдних системах. Теорія броунівського руху за Ейнштейном-Смолуховським. Зв'язок між середньоквадратичним зсувом часточок та коефіцієнтом дифузії. Осмотичний тиск в колоїдних системах, його роль в фізико-хімічних процесах.

Седиментація в дисперсних системах. Закономірності седиментації в гравітаційному та доцентровому полях. Седиментаційний аналіз дисперсності суспензії. Рівняння Сведберга-Одена. Диференціальна та інтегральна криві розподілу часточок за розмірами. Застосування центрифуги та ультрацентрифуги для аналізу дисперсності.

Седиментаційно-дифузійна рівновага Перрена-Больцмана, час встановлення рівноваги.

### **Тема 5.4. Оптичні властивості дисперсних систем**

Явище розсіяння світла колоїдними системами. Формула Релея. Вплив розмірів часточок на процеси розсіяння світла. Індикатриси розсіяння світла. Поглинання світла та забарвлення колоїдних розчинів. Закон Бугера-Ламберта-Бера для дисперсних систем.

Методи дослідження ультрамікрогетерогенних систем, які ґрунтуються на явищах розсіяння світла: ультрамікроскопія, турбідиметрія, нефелометрія. Рентгенографічний та електронографічний методи дослідження структури високодисперсних систем.

### **Тема 5.5. Електричні властивості дисперсних систем**

Утворення та будова подвійного електричного шару (ПЕШ). Рівняння Пуассона-Больцмана для ПЕШ. Щільна та дифузійна частина ПЕШ електрично зарядженої поверхні. Параметр Дебая та ефективна товщина ПЕШ. Електрокінетичний потенціал ( $\zeta$ -потенціал).

Електрокапілярні криві, вплив на їх форму ПАР. ПЕШ часточок гідрофобних золів (міцел). Будова та формула міцели.

Вплив індиферентних та неіндиферентних електролітів на структуру ПЕШ та  $\zeta$ -потенціал. Перезарядка поверхні. Ізоелектричний стан. Електрокінетичні явища та методи їх вивчення. Електрофорез та електроосмос, рівняння Гельмгольца-Смолуховського, експериментальне визначення  $\zeta$ -потенціалу. Практичне застосування електрокінетичних явищ.

### **Тема 5.6. Класифікація та одержання дисперсних систем**

Класифікація дисперсних систем за ступенем та характером дисперсності, за формою частинок, за характером руху дисперсної фази, за агрегатним станом. Суспензії, золі, гелі, емульсії, піни, аерозолі, поруваті тіла, капілярні системи, ксерогелі. Класифікація дисперсних систем за характером міжмолекулярних взаємодій на межі розділу фаз. Виникнення і загибель дисперсних систем. Класифікація методів одержання вільнодисперсних систем. Диспергаційні методи. Ефект Ребіндера. Конденсаційне утворення нової фази: термодинаміка і кінетика. Хімічні методи отримання дисперсних систем. Самочинне диспергування. Стабілізація дисперсій. Отримання зв'язанодисперсних систем

Ліофільні колоїдні системи. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) в розчинах ПАР, методи її визначення. ПАР в миючих засобах. Розчинення вуглеводнів (солюбілізація) в міцелах миючих засобів. Спільність і відмінності розчинів ВМС і істинно-колоїдних розчинів. Визначення молекулярних мас ВМС та міцелярних мас міцел ПАР за світлорозсіянням. В'язкість розчинів полімерів: рівняння Штаудінгера. Висолювання і коацервація. Поліелектроліти. Глобули білків.

### **Тема 5.7. Стійкість дисперсних систем**

Агрегативна та седиментаційна стійкість дисперсних систем, фактори, що впливають на них. Розклинюючий тиск за Дерягіним. Основи теорії Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Молекулярна та електростатична складові розклинюючого тиску в теорії ДЛФО. Взаємодія сферичних часточок.

Закономірності коагуляції гідрофобних золів електролітами. Правило Шульце-Гарді. Поріг коагуляції, рівняння Дерягіна. Кінетичне рівняння Смолуховського. Кінетика повільної коагуляції. Константи швидкості та енергія активації коагуляції. Захисна дія ВМС. «Золоті» та «Залізні» числа.

Пептизація. Взаємна коагуляція золів. Явище флокуляції золів та суспензій поліелектролітами (водорозчинними полімерами). Адсорбційно-сольватний, структурно-механічний та ентропійний фактори стійкості. Піни та емульсії, одержання та фактори їх стійкості. Аерозолі, особливості будови та властивості. Стійкість та руйнування аерозолів в природі та техніці.

### **Тема 5.8. Мікрогетерогенні системи**

Аерозолі: тумани, пил, дими. Стійкість і руйнування аерозолів в природі і техніці. Порошки. Суспензії: грубі і тонкі; муті. Перетворення суспензій у пасти, у порошки. Відмінність мікрогетерогенних систем від ультрамікрогетерогенних. Розведені, концентровані і висококонцентровані емульсії. Стабілізація емульсій. Газові емульсії. Піни. Плівки як елемент пін і емульсій. Кратність піни. Будова пін. Стабілізація і руйнування пін.

### **Тема 5.9. Фізико-хімічна механіка дисперсних систем**

Фізико-хімічна механіка і її основні завдання. Способи опису механічних властивостей тіл. Реологія. Основні поняття та ідеальні закони реології: модель пружного тіла, модель гнучкого тіла, модель пластичного тіла. Моделювання реологічних властивостей тіл.

Структуровані системи. Тиксотропія. Синерезис. Основні поняття реології. В'язкість. Рівняння Ейнштейна. Ньютонавські рідини. В'язкість рідких агрегативно стійких дисперсних систем. Ньютонівські тіла. Рівняння Шведова-Бінгама. Ефективна в'язкість. Деформація зсуву. Метод Вейлера-Ребіндера. Реологічні властивості структурованих рідиноподібних і твердоподібних систем. Утворення і руйнування структурованих систем. Чинники, що визначають міцність структур і механізм структуроутворення. Уявлення про фізико-хімічну механіку.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		лекції	практичні	лаборат.	індивід.	самост. р.
1	2	3	4	5	6	7
<b>3-й семестр</b>						
Розділ 1. Хімічна термодинаміка						
Разом за розділом 1	208	44	24	28		112
Розділ 2. Розчини електролітів						
Разом за розділом 2	42	10	8	4		20
Розділ 3. Електрохімічні елементи та електрохімічні процеси						
Разом за розділом 3	20	10	-	-		10
<b>Усього годин 3 семестр</b>	270	64	32	32		142
<b>4-й семестр</b>						
Розділ 4. Хімічна кінетика та каталіз						
Разом за розділом 3	40	-	-	20		20
Разом за розділом 4	40	12	-	12		32
Розділ 5. Фізична хімія поверхневих явищ та дисперсних систем						
Разом за розділом 5	190	20	-	64		90
<b>Усього годин 4 семестр</b>	270	32		96		142
<b>Усього годин</b>	540	96	32	128	--	284

### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення інтегральної теплоти розчинення солі	6
2	Визначення теплоти випаровування рідини	4
3	Визначення фактору асоціації криоскопічним методом	6
4	Побудова діаграми взаємної розчинності рідин у двокомпонентній системі	4
5	Визначення константи розподілу речовини між двома розчинниками	6
6	Визначення константи рівноваги дисоціації слабкого електроліту	6
7	Потенціометричне визначення рН розчинів	6
8	Потенціометричне титрування суміші кислот різної сили.	6
9	Визначення добутку розчинності малорозчинної солі у колах з переносом	4
10	Кондуктометричне титрування різних за силою кислот	4
11	Визначення константи швидкості та енергії активації гомогенної хімічної реакції	6
12	Визначення константи швидкості розчинення малорозчинної речовини	6
13	Адсорбція ПАВ з розчинів на межі розділу вода - повітря.	5
14	Молекулярна адсорбція з розчинів на твердій поверхні.	6
15	Одержання та властивості гідрофобних дисперсних систем.	5
16	Седиментаційний аналіз дисперсності.	5
17	Визначення електрокінетичного потенціалу золю та його порогу коагуляції електролітами.	5
18	Визначення критичної концентрації міцелоутворення в розчинах ПАВ.	5

## 5. Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота студентів полягає у виконанні домашніх завдань (розв'язання задач); підготовці до практичних занять; підготовці до написання контрольних робіт; підготовці до виконання лабораторних робіт, обробці результатів та оформленні лабораторних робіт; підготовці до складання колоквиумів за відповідними темами.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1.1. Перший закон термодинаміки	16
2	Тема 1.2. Другий закон термодинаміки	14
3	Тема 1.3. Термодинамічні потенціали	14
4	Тема 1.4. Ідеальні та реальні гази	10
5	Тема 1.5. Фазові рівноваги	16
6	Тема 1.6. Гетерогенні рівноваги у бінарних системах.	22
7	Тема 1.7. Хімічна рівновага	20
8	Тема 2.1. Електролітична дисоціація	6
9	Тема 2.2. Теорія розчинів сильних електролітів	8
10	Тема 2.3. Іонні рівноваги в розчинах електролітів	6
12	Тема 3.1. Електродна рівновага	16
13	Тема 3.2. Електрохімічні кола	14
14	Тема 4.1. Формальна кінетика	20
15	Тема 4.2. Теорії хімічної кінетики	6
16	Тема 4.3. Каталітичні реакції	6
17	Тема 5.1. Термодинаміка поверхневих явищ та будова поверхні розділу фаз	12
18	Тема 5.2. Адсорбційні шари та вплив їх на властивості дисперсних систем	6
19	Тема 5.3. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем	12
20	Тема 5.4. Оптичні властивості дисперсних систем	12
21	Тема 5.5. Електричні властивості дисперсних систем	20
22	Тема 5.6. Класифікація та одержання дисперсних систем	10
23	Тема 5.7. Стійкість дисперсних систем	6
24	Тема 5.8. Мікрогетерогенні системи	6
25	Тема 5.9. Фізико-хімічна механіка дисперсних систем	6

## 6. Індивідуальні завдання

У 4 семестрі – курсова робота по темі за вибором студента.

## 7. Методи навчання.

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, семінарські заняття й проведення тестів, контрольні роботи, екзамен.

## 8. Методи контролю

Поточний контроль на практичних заняттях (домашні завдання, короткі самостійні роботи, семінари, тестування). Виконання семестрових контрольних робіт. Складання колоквиумів та здача тестів за темами лабораторних робіт.

В період воєнного стану заняття проводяться дистанційно з використанням платформи Zoom. Семестровий екзамен (письмова робота) на платформі Moodle з автентифікацією здобувача у режимі відеоконференції Zoom.

## 9. Схема нарахування балів

### 3-й семестр

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен (залікова робота)	Сума	
Розділ 1, т. 1 - 7	Розділ 2, т 1 - 3		Контрольна робота, передбачена навчальним планом			Разом
54 (рішення задач: $15 \cdot 1 = 15$ виконання лаборатор. робіт: $6 \cdot 4 = 24$ теоретичні колоквиуми (тести): $5 \cdot 3 = 15$ )			6	60	40	100

### 4-й семестр

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Курсова робота	Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділ 3 Т 1 - 2	Розділ 4 Т 1 - 3	Розділ 5 Т 1 - 9	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом			
16	8	18	6	48	12	40	100
42 (рішення задач: $10 \cdot 1 = 10$ виконання лабораторних робіт: $12 \cdot 2 = 24$ теоретичні колоквиуми (тести): $8 \cdot 1 = 8$ )							

1. Для допуску до підсумкового семестрового контролю студент повинен виконати всі лабораторні та розрахункові роботи, домашні завдання, виконати (дистанційно або письмово) контрольну роботу і набрати не менше 30 балів за всіма видами навчальної роботи у семестрі.

2. Рейтинг кожної роботи, термін її виконання, та подання оформлених робіт визначається викладачем, який веде практичні та лабораторні заняття.

3. Семестровий екзамен вважається складеним, якщо за письмову роботу студент отримав не менше 20 балів.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	відмінно
70 – 89	добре
50 – 69	задовільно
1 – 49	незадовільно

## 10. Рекомендована література

### Основна література

1. Лебідь В. І. Фізична хімія. –Х. : Фоліо, 2005. – 478 с.; Х. : Гімназія, 2008. – 478 с.
2. Рубцов В. І. Фізична хімія: задачі та вправи : навчальний посібник. – 2-ге вид., випр. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 416 с.
3. Рубцов В. І. Лабораторний практикум з фізичної хімії : навчальний посібник. У 2-х частинах. Ч. 1. –Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 332 с.
4. Рубцов В. І. Лабораторний практикум з фізичної хімії : навчальний посібник. У 2-х частинах. Ч. 2. –Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 364 с.
5. Мчедлов-Петросян М.О., Лебідь В.І., Глазкова О.М., Сльцов С.В., Дубина О.М., Панченко В.Г. Онови колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004. – 300 с.
6. Мчедлов-Петросян М.О., Лебідь В.І., Глазкова О.М., Лебідь О.В. Колоїдна хімія. –Х. : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010; 2013. – 500 с.
7. Гомонай В. І. Фізична та колоїдна хімія : підручник для студ. вищ. навч. заклад. – Вінниця : Нова Книга, 2014. – 496 с.
8. Уварова О.М., Рубцов В.І. Колоїдна хімія (Збірник задач і питань для самостійної підготовки). – Х. : ХІТВ, 2006. – 126 с.
9. Уварова О.М., Рубцов В.І. Колоїдна хімія. Лабораторний практикум. – Х. : ФВП НТУ "ХП", 2010. – 132 с.
10. Короткова І.В., Маренич М.М. Фізична і колоїдна хімія : Лабораторний практикум. – Полтава, 2018. – 224 с.

### Допоміжна література

1. Яцимирський В. К. Фізична хімія.– К.: Перун, 2007. – 512 с.
2. Чумак В. Л., Іванов С. В. Фізична хімія : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. Л. Чумак, С. В. Іванов. - К. : Видавництво НАУ, 2007. – 648 с.
3. Білий О. В. Фізична хімія. Київ : ЦУЛ, 2002. – 364 с.
4. Кабачний В.І. Фізична та колоїдна хімія – Х. : НФаУ : Золоті сторінки, 2015. – 432 с.
5. Староста В. І., Янчук О. М. Колоїдна хімія. Практикум : навч. посіб. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. – 360 с.
6. Уварова О. М., Рубцов В. І. Дисперсні системи і поверхневі явища. - Х. : ХІТВ, 2005. – 296 с.
7. Воловик Л. С., Ковалевська Є. І., Манк В. В. Колоїдна хімія. – К. : Вища школа, 1999. – 238 с.
8. Воловик Л. С., Ковалевська Є. І., Манк В. В. Фізична хімія : підручник. – К. : Фірма "ІНКОС", 2007. – 496 с.
9. Костржицький А.І., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М., Берегова О.М. Фізична та колоїдна хімія. Навч. пос. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 496 с.
10. Бондарев М. В., Цурко О. М., Водолазька Н. А., Сльцов С. В. Фізична та колоїдна хімія. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2008. – 324 с.
11. Сльцов С. В., Водолазька Н. О. Практикум з фізичної та колоїдної хімії. – Х. : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2012. – 236 с.
12. Рубцов В. І. Потенціометричні методи дослідження розчинів. –Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 252 с.
13. Кудряшева Н. С. Фізична та колоїдна хімія. [Електронний ресурс]. Режим доступу : [https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page\\_id=109](https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=109).