

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
Природничо-географічний факультет  
Кафедра хімії, екології та методики їх навчання

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

 Завідувач кафедри  
С.В. Совгіра

«27» серпня 2020 року

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ВВ 3.03 Кінетика та адсорбція**

**Галузь знань: 01 Освіта / Педагогіка**

**Спеціальність: 014.06 Середня освіта (Хімія)**

**Освітня програма Середня освіта (Хімія)**

2020 – 2021 навчальний рік

Робоча програма «Кінетика та адсорбція» для здобувачів вищої освіти другого рівня (магістр)  
спеціальності: 014.06 Середня освіта (Хімія)

Розробник: Галушко Сергій Миколайович, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії,  
екології та методики їх навчання.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри хімії, екології та методики їх навчання

Протокол № 1 від «27» серпня 2020 року


Завідувач кафедри хімії, екології та методики їх навчання

  
\_\_\_\_\_ (С. В. Совгіра)  
(підпис)

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії  
природничо – географічного факультету

Протокол № 1 від «31» серпня 2020 року

Голова науково-методичної комісії природничо-географічного факультету

  
\_\_\_\_\_ (С.І. Грабовська)  
(підпис)

Пролонговано

на 20\_\_ / 20\_\_ н. рік \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПП)

на 20\_\_ / 20\_\_ н. рік \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПП)

на 20\_\_ / 20\_\_ н. рік \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПП)

на 20\_\_ / 20\_\_ н. рік \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПП)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання	
	денна	заочна
Вид дисципліни		Вільного вибору студента
Мова викладання, навчання та оцінювання		українська
Загальний обсяг у кредитах ЄКТС / годинах		4 / 120
Курс		2
Семестр		4
Кількість змістових модулів із розподілом		2
Обсяг кредитів		4
Обсяг годин, у тому числі		120
Аудиторні		12
Лекційні		4
Семінарські / Практичні		
Лабораторні		8
Самостійна робота		78
Індивідуальні завдання		30
Форма семестрового контролю		екзамен

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Кінетика та адсорбція» є вивчення основних законів і закономірностей кінетики гомогенних реакцій, опанування основними методами та способами дослідження механізму реакцій, виявлення природи реагуючих частинок, засвоєння основних методів експериментального визначення порядку реакції та розрахунку констант швидкості, енергії активації та передекспоненційного множника з метою формування знань, умінь і навиків постановки кінетичного експерименту та обробки експериментальних даних.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Кінетика та адсорбція» є вивчення основних законів і закономірностей кінетики гомогенних реакцій, опанування основними методами та способами дослідження механізму реакцій, виявлення природи реагуючих частинок, засвоєння основних методів експериментального визначення порядку реакції та розрахунку констант швидкості, енергії активації та передекспоненційного множника з метою формування знань, умінь і навиків постановки кінетичного експерименту та обробки експериментальних даних.

## 3. Результати навчання за дисципліною

### Очікувані результати навчання:

1. Оволодіти фаховими компетентностями:

**ФК.** Здатність використовувати методи наукового дослідження в хімії та вміння їх застосовувати на практиці.

**ФК.** Здатність до самостійної пізнавальної діяльності з прирощенням знань, умінь і навичок у пізнанні хімічної науки, в галузі хімічного експериментування при проведенні наукового дослідження.

**ФК.** Здатність розуміти та вміло використовувати фізико-хімічні методи на практиці з аналізу, синтезу хімічних речовин.

2. Досягти результатів навчання:

**ПРН.** Уміє за результатами кінетичних досліджень розраховувати кінетичні параметри основних типів хімічних реакцій; оцінювати вплив природи і структури каталізатора на перебіг гомо- та гетерокаталітичних реакцій та визначати режим перебігу реакції (кінетичний чи дифузійний).

**ПРН.** Здатний розуміти властивості міжмолекулярних взаємодій, їх вплив на фізичні, хімічні та спектральні властивості речовин.

**ПРН.** Знає сучасні методи теоретичного та експериментального дослідження з хімії та вміє використовувати у професійній діяльності.

#### 4. Програма навчальної дисципліни

##### Змістовий модуль 1. Основи хімічної кінетики

Тема 1. Основні поняття хімічної кінетики

Хімічна кінетика - наука про швидкості і механізми хімічних реакцій. Кінетична класифікація хімічних реакцій. Кінетичні криві. Швидкість хімічної реакції. Основні поняття хімічної кінетики. Визначення константи швидкості хімічної реакції і порядку реакції.

Залежність константи швидкості від температури. Рівняння Ареніуса.

Тема 2. Пряма і зворотна задачі хімічної кінетики

Пряма і зворотна задачі хімічної кінетики. Необоротні реакції 1-ого, 2-ого порядків. Визначення константи швидкості з дослідних даних. Складні реакції. Принцип незалежності елементарних стадій. Оборотної реакції першого порядку. Послідовні реакції (на прикладі двох необоротних реакцій першого порядку).

Тема 3. Каталіз

Індукція і каталіз хімічних реакцій. Фотохімічні реакції. Каталітичні й автокаталітичні реакції.

Ланцюгові реакції. Елементарні реакції зародження, росту й обриву ланцюга. Довжина ланцюга. Принцип квазістаціонарності Боденштейна. Розгалужені ланцюгові реакції.

Ферментативні реакції. Рівняння Михаеліса - Ментен.

##### Змістовий модуль 2. Адсорбція

Тема 4. Поверхневі явища та адсорбція. Поверхня поділу фаз. Поверхнева енергія та поверхневий натяг. Поверхнева ентальпія і ентропія. Залежність поверхневого натягу від різних чинників (температури, природи фазоутворюючих речовин, розчинених речовин). Явища, що зменшують поверхню поділу. Самовільна перегонка рідини. Поверхневий тиск. Адгезія і змочування. Розтікання.

Тема 5. Адсорбція на поверхні рідини. Геометричні параметри адсорбата. Приклади застосування адсорбційного рівняння Гіббса. Зв'язок адсорбції з параметрами системи (ізотерма, ізопкіна, ізобара, ізостера). Поверхнева активність. Правило Дюкло – Траубе. Енергетичні параметри адсорбції. Залежність адсорбції від концентрації ПАР. Рівняння Ленгмюра, його параметри. Наслідки з рівнянь Гіббса і Ленгмюра. Рівняння Шишковського. Адсорбція на межі двох рідин, що не змішуються.

Тема 6. Адсорбція над твердим адсорбентом (на межі з газом або розчином). Теорія мономолекулярної адсорбції і теорія БЕТ. Адсорбція електролітів. Вибіркова адсорбція, правило Панета – Фаянса – Гана. Йонообмінна адсорбція. Хроматографія.

Тема 7. Теорія гетерогенного каталізу. Дифузійно - контрольовані реакції. Клітинний ефект у рідині. Основи теорії зіткнень. Поняття про активні зіткнення. Розрахунок константи

швидкості хімічної реакції за числом зіткнень. Теорія активованого комплексу (перехідного стану). Поверхня потенційної енергії. Перехідний стан, шлях і координата реакції. Основне рівняння теорії активованого комплексу. Порівняння теорії зіткнень з теорією активованого комплексу.

Методи вивчення хімічних реакцій.

### 5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	заочна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 2</b>						
Тема 1. Основні поняття хімічної кінетики	10					10
Тема 2. Пряма і зворотна задачі хімічної кінетики	19	1		2		16
Тема 3. Каталіз	15	1		2		12
<b>Змістовий модуль 2</b>						
Тема 4. Поверхневі явища та адсорбція.	13	1		2		10
Тема 5. Адсорбція на поверхні рідини.	10					10
Тема 6. Адсорбція над твердим адсорбентом	13	1		2		10
Тема 7. Теорія гетерогенного каталізу	10					10
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>4</b>		<b>8</b>		<b>78</b>
<b>Модуль 2</b>						
ІНДЗ	30		-	-	30	-
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	<b>30</b>	<b>78</b>

### 6. Теми лабораторних занять

1.	Визначення концентрації йодид-іонів кінетичним методом. Лабораторна робота.	2 год.
2.	Визначення мікрокількостей аскорбінової кислоти хемілюмінесцентним методом. Лабораторна робота.	2 год.
3.	Визначення мікрокількостей кобальту хемілюміне-сцентним методом. Лабораторна робота.	2 год.
4.	Визначення концентрації тіосульфату кінетичним методом. Лабораторна робота.	2 год.

### 7. Самостійна робота

№	Зміст навчального матеріалу	Кількість годин
1.	Основні положення, поняття, терміни. Індикаторна реакція та індикаторна речовина. Вимоги до них. Швидкість та константа	6 год.

	швидкості індикаторної реакції. Парціальний та загальний порядок реакції. Молекулярність реакції.	
2.	Елементарні реакції (паралельні або конкурентні, оборотні, послідовні, ланцюгові) та їх прості комбінації. Рівняння швидкості та кінетичні криві елементарних реакцій	8 год.
3.	Аналітичний відгук та методи його вимірювання. Диференційне рівняння швидкості реакції реакції "0" або псевдонульового порядку, першого або псевдопершого порядку. Інтегральні рівняння швидкості реакції нульового або псевдонульового порядку, першого або псевдопершого порядку	8 год.
4.	Диференційне рівняння швидкості паралельних реакцій. Диференційне рівняння швидкості консекутивної реакції. Диференційне рівняння швидкості оборотної реакції	8 год.
5.	Повільні реакції. Закриті системи, статичний спосіб вимірювання швидкості реакції. Способи вимірювання аналітичного відгуку повільних реакцій у закритих (статичний спосіб) системах	8 год.
6.	Швидкі реакції. Відкриті системи, динамічні способи вимірювання швидкості реакції. Способи вимірювання аналітичного відгуку швидких реакцій у відкритих системах - метод безперервного струменю	8 год.
7.	Параметри, що впливають на швидкість реакції: природа розчинника (рівняння Кірквуда)	6 год.
8.	Параметри, що впливають на швидкість реакції: первинний і вторинний сольові ефекти (рівняння Дебая-Хюккеля)	6 год.
9.	Кінетичні (некаталітичні) методи аналізу. Визначення органічних речовин при їх сумісній присутності	8 год.
10.	Використовуючи рівняння Гіббса, визначати особливості поверхневої активності та адсорбції на межі «розчин – газ»	6 год.
11.	Використовуючи теорію мономолекулярної адсорбції Ленгмюра, рівняння Фрейндліха, рівняння полімолекулярної адсорбції, визначати основні характеристики, особливості адсорбції на межі «тверде тіло – газ» та «тверде тіло – розчин»	6 год.

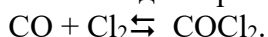
### 8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання з «Кінетики та адсорбції» виконуються по варіантам і містять задачі. Номер варіанта визначається викладачем, містить по 5 задач з кожного змістового модуля.

### ЗАДАЧІ

#### До модулю 1

1. Взаємодія карбон оксиду з хлором виражається рівнянням:



Концентрація карбон оксиду рівна 0,3 моль/л, а хлору – 0,2 моль/л. Як зміниться швидкість прямої реакції, якщо збільшити концентрацію карбон оксиду до 1,2 моль/л, а концентрацію хлору – до 0,6 моль/л?

2. Реакція між речовинами А і В виражається рівнянням



Початкова концентрація речовини А рівна 3,2 моль/л, а речовини В – 1,6 моль/л. Константа швидкості реакції 0,75. Яка швидкість реакції в початковий момент і через деякий час, коли концентрація речовини А зменшилась на 0,5 моль/л?

3. Швидкість реакції  $A + 2B$  при  $[A] = 0,5$  моль/л і  $[B] = 0,6$  моль/л рівна 0,018 моль/л. Обчислити константу швидкості реакції, вважаючи, що реакція третього порядку.

4. Визначити порядок реакції омилення оцтово-метилового ефіру лугом, якщо відомо:

t, хв.	3	5	10	25
c(NaOH), моль/м <sup>3</sup>	7,40	6,34	4,64	2,54

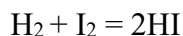
Початкові концентрації луку і ефіру однакові і дорівнюють 20 моль/м<sup>3</sup>.

5. Бімолекулярна реакція, для якої  $c(A) = c(B)$ , відбувається за 10 хв на 25%. Скільки часу необхідно, щоб реакція відбулася на 50% при тій самій температурі?  
Відповідь: 30,3 хв.

6. Користуючись правилом Вант-Гоффа, обчислити, при якій температурі реакція закінчиться за 25 хв, якщо при температурі 20 °С на це потрібно 2 години. Температурний коефіцієнт швидкості реакції рівний 3.

7. Для однієї з реакцій експериментально визначено дві константи швидкості: при 716 К –  $0,0087\text{с}^{-1}$ , а при 781 К –  $0,1059\text{с}^{-1}$ . Обчислити значення енергії активації цієї реакції.

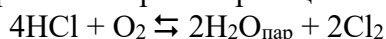
8. Реакція йде за рівнянням:



При 508 °С константа швидкості цієї реакції рівна  $0,16 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$ . Обчислити початкову швидкість реакції, якщо вихідні концентрації реагуючих речовин були:  $[\text{H}_2] = 0,04$  моль/л;  $[\text{I}_2] = 0,05$  моль/л. Якою буде швидкість цієї реакції, коли  $[\text{H}_2]$  знизиться до 0,03 моль/л?

Відповідь:  $3,2 \cdot 10^{-4}$  і  $1,92 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$ .

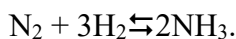
9. Як зміниться швидкість прямої і зворотної реакції



при збільшенні тиску в два рази і незмінній температурі?

Відповідь: швидкість прямої реакції збільшиться в 32 рази, а зворотної – в 16 раз.

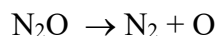
10. В закритій посудині знаходиться суміш газів, що складається з одного моль Нітрогену і трьох моль Гідрогену. Реакція між газами протікає при нагріванні і в присутності каталізатора за рівнянням



В скільки разів зменшиться швидкість прямої реакції після того як прореагує 0,65 моль азоту?

Відповідь: В 22,2 раз.

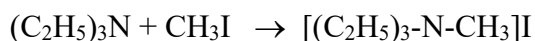
11. Розклад нітроген (І) оксиду на поверхні золота при високих температурах відбувається за рівнянням



Константа швидкості даної реакції рівна 0,0005 при 900 °С. Початкова концентрація нітроген (І) оксиду 3,2 моль/л. Визначити швидкість реакції при вказаній температурі в початковий момент і коли відбудеться розклад 78% нітроген оксиду.

Відповідь: 5,4; 0,0844.

12. Швидкість реакції



в нітробензолі визначалась при 298 К, при цьому знайдено, що

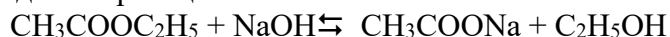
t, с	1200	1800	2400	3600	4500	5400
x, моль·л <sup>-1</sup>	0,00876	0,01066	0,01208	0,01392	0,01476	0,01538

Тут x – кількість триетиламіну або йодистого метилу, що прореагували за час t. Початкові концентрації аміну і йодистого алкілу дорівнюють 0,0198 моль/л. Розглядувана реакція – другого порядку. Визначити константу швидкості.

Відповідь: 0,0329 л·моль<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>.

13. Обчислити, в скільки разів збільшиться швидкість реакції при підвищенні температури на 150 °С, прийнявши, що температурний коефіцієнт швидкості реакції рівний 2.

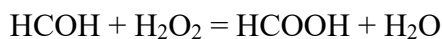
14. Константа швидкості реакції



дорівнює 5,4 кмоль<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>·м<sup>3</sup>. Скільки процентів ефіру прореагує за 10 хв, якщо вихідні концентрації лугу і ефіру однакові і дорівнюють 0,02 кмоль/м<sup>3</sup>?

Відповідь: 52%.

15. Мурашиний альдегід реагує з гідроген-пероксидом з утворенням мурашиної кислоти і води. Реакція



є двомолекулярною. При змішуванні рівних об'ємів одномолярних розчинів гідроген-пероксиду і мурашиного альдегіду через 2 години при 60 °С концентрація мурашиної кислоти стає рівною 0,215 моль/л. Обчислити константу швидкості реакції і визначити, через який час прореагує половинна кількість вихідних речовин.

Відповідь: k = 0,7544 год<sup>-1</sup>; 2 год 39,1 хв.

16. При взаємодії бромю і етилового спирту добуто такі дані:

t, хв.	0	4
c <sub>1</sub> , моль	0,00814	0,00610
c <sub>2</sub> , моль	0,00424	0,00314

Визначити порядок реакції.

Відповідь: перший порядок.

17. Для визначення розкладу щавлевої кислоти в концентрованій сульфатній кислоті при 323 К готували розчин 1/40 М щавлевої кислоти в 99,5%-ній сульфатній кислоті. Через певні проміжки часу t з суміші відбирали проби і визначали об'єм розчину перманганату калію V, що необхідний для титрування аліквоти в 10 мл.

Одержані такі дані:

t, хв.	0	120	240	420	600	900	1440
V, мл	11,45	9,63	8,11	6,22	4,79	2,97	1,44

Визначити порядок реакції відносно щавлевої кислоти і константу швидкості.

Відповідь: перший порядок, 0,00145 хв<sup>-1</sup>.

18. У скільки разів збільшиться швидкість реакції при підвищенні температури від 283 К до 403 К, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,5?

Відповідь: 59604,6 раз.

19. При якій температурі певна реакція закінчиться за 1,5 хв, якщо при 356 К вона закінчується за 25 хв? Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,8.

Відповідь: 380,3 К.



20. Швидкість реакції при охолодженні від 363 до 293 К зменшилась у 8 разів. Визначити температурний коефіцієнт швидкості цієї реакції.

Відповідь: 1,35.

21. У скільки разів збільшиться швидкість реакції при підвищенні температури від 298 до 373 К, якщо енергія активації дорівнює 125,6 кДж/моль.

Відповідь: 26723 рази.

22. В присутності іонів  $\text{CN}^-$  бензальдегід перетворюється в бензоїл. Визначити енергію активації цього перетворення, якщо відомі такі дані:

T, К	313,2	323,1	333,2
K, хв. <sup>-1</sup>	0,026	0,048	0,089

Відповідь: 57822,88 Дж/моль.

23. Для реакції розкладу парів оцтового альдегіду константа швидкості при температурі 460 °С рівна 0,035, а при 518 °С – 0,343 (концентрація виражена в моль/л, а час – в с). Визначити енергію активації даної реакції і константу швидкості її при 486 °С.

Відповідь: 189800 Дж/моль; 0,1002 хв<sup>-1</sup>.

24. Сіль діазонію у водному розчині розкладається за рівнянням



Процес розкладу протікає як реакція першого порядку. Константи швидкості реакції при 24,7 і 30 °С відповідно рівні  $9 \cdot 10^{-3}$  і  $13 \cdot 10^{-3}$  хв<sup>-1</sup>. Обчислити константу швидкості цієї реакції при 35 °С і час, протягом якого при цій температурі розкладається 99,9% солі діазонію.

Відповідь:  $K=16,37 \cdot 10^{-3}$  хв<sup>-1</sup>; 422,1 хв.

### До модулю 2

1. При 293 К поверхневий натяг ртуті становить 0,4580 Н/м, амальгами калію ( $c = 0,11$  кмоль/м<sup>3</sup>) – 0,3926 Н/м. Визначити адсорбцію калію на поверхні ртуті.

2. Оцтову кислоту адсорбували з водного розчину 1 кг тваринного вугілля при 298 К. Після досягнення рівноваги добути такі дані:

Початкова концентрація $\text{CH}_3\text{COOH}$ , моль/л	0,485	0,655	0,863	1,236	2,511	3,362
Рівноважна концентрація $\text{CH}_3\text{COOH}$ , моль/л	0,018	0,04	0,062	0,126	0,471	0,882

Визначити константи  $a$  і  $1/n$  рівняння Фрейндліха графічним методом.

3. Визначити поверхневу активність ( $\frac{d\sigma}{dc}$ ) вказаних нижче кислот, якщо поверхневий натяг їх 0,12 М розчинів має такі значення, Н/м: мурашина –  $72,6 \cdot 10^{-3}$ ; оцтова –  $70,8 \cdot 10^{-3}$ ; пропіонова –  $66,2 \cdot 10^{-3}$ ; масляна –  $56,0 \cdot 10^{-3}$ ; ізовалеріанова –  $44,7 \cdot 10^{-3}$ . Поверхневий натяг води дорівнює  $73 \cdot 10^{-3}$  Н/м.

Відповідь:  $3,33 \cdot 10^{-3}$ ;  $18,33 \cdot 10^{-3}$ ;  $56,7 \cdot 10^{-3}$ ;  $141,7 \cdot 10^{-3}$ ;  $235,8 \cdot 10^{-3}$ .

4. Побудувати ізотерму адсорбції карбон (IV) оксиду активованим вугіллям при 231 К і визначити константи емпіричного рівняння Фрейндліха, використовуючи такі експериментальні дані:

Рівноважні тиски, Па.	10,0	44,8	100,0	144,0	250,0	452
Величина	0,734	1,51	2,186	2,664	3,295	4,023

адсорбції $\Gamma$ , моль/кг						
------------------------------	--	--	--	--	--	--

5.  $25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  0,198 моль/л  $\text{CH}_3\text{COOH}$  збовтували з  $3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$  вугілля. Після досягнення рівноваги на титрування  $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  пішло  $11 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  0,05 моль/л  $\text{NaOH}$ . Визначити величину адсорбції.

Відповідь: 0,733 моль/кг.

6. За константами рівняння Ленгмюра  $\Gamma_{\infty}=182 \cdot 10^{-3} \text{ л/кг}$  і  $b=1 \cdot 10^{-3}$ . Обчислити адсорбцію і побудувати ізотерму адсорбції вуглець(IV) оксиду активованим вугіллям при рівноважних тисках газу в інтервалі  $10^3 - 4 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .

7. Одержані такі дані з адсорбції на деревному вугіллі оцтової кислоти з водних розчинів ( у всіх випадках об'єм розчину з вугіллям був сталим, 0,2 л ) :

Концентрація оцтової кислоти в розчині до добавляння вугілля, моль/л	Концентрація оцтової кислоти, що є в розчині при рівновазі, моль/л	Маса вугілля m, г
0,503	0,434	3,96
0,252	0,202	3,94
0,126	0,0899	4,00
0,0628	0,0347	4,12
0,0314	0,0113	4,04
0,0157	0,00333	4,00

Показати, що ці дані задовольняють ізотермі адсорбції Фрейндліха  $\frac{x}{m} = a \cdot c^{\frac{1}{n}}$ , де  $x$  – кількість грамів адсорбованої оцтової кислоти. Оцінити сталі  $a$  і  $n$ .

Відповідь:  $a = 0,28$ ;  $n = 2,82$ .

## 9. Методи навчання

Вивчення дисципліни «Кінетика та адсорбція» потребує використання трьох пов'язаних один з одним форм занять : лекцій, лабораторного практикуму та самостійної роботи здобувачів вищої освіти. Основою навчального процесу є лекції, що визначають зміст лабораторного практикуму та дають напрямок самостійної роботи здобувачів вищої освіти. В лекціях викладаються найбільш суттєві питання, що недостатньо висвітлені в навчальній літературі, поняття та закономірності. Важливою складовою процесу вивчення є лабораторний практикум. Робота в лабораторії допомагає у закріпленні лекційного матеріалу, розвиває у здобувачів вищої освіти навички наукового експерименту, дослідницький підхід до вивчення хімії, логічне мислення. До однієї з головних форм вивчення дисципліни відноситься самостійна та індивідуальна робота здобувачів вищої освіти, на яку відведена значна доля часу.

Методи навчання: а) які забезпечують опанування навчального предмета (словесні, візуальні, практичні, репродуктивні, проблемно-пошукові, індуктивні, дедуктивні); б) які стимулюють та мотивують навчально-наукову діяльність (спостереження, метод експерименту, метод наукового пошуку); в) методи контролю у навчальній діяльності (усний контроль, письмовий, тестовий, практична перевірка, а також методи самоконтролю і самооцінки).

Інтерактивні методи, форми і прийоми: аналіз помилок, аудіовізуальний метод навчання; брейнстормінг («мозковий штурм»); навчальні дискусії; ділова (рольова) гра; «займи позицію»; коментування, майстер-класи; метод аналізу і діагностики ситуації; метод проєктів;

моделювання; проблемний метод; публічний виступ; робота в малих групах; тренінги індивідуальні та групові та ін.

### 10. Методи контролю

У процесі контролю рівня засвоєння знань, умінь, навичок здобувачів вищої освіти з дисципліни «Кінетика та адсорбція» використовуються методи: усний контроль, письмовий контроль, тестовий, самоконтроль, метод практичної перевірки.

Також використовуються інтерактивні форми і методи оцінювання знань, умінь і навичок здобувачів вищої освіти, зокрема: ділові ігри, «круглі столи», прес-конференції, дискусії, обговорення-виступи, повідомлення-огляди, олімпіади-турніри, тренінги.

Методи усної перевірки – попередній та поточний контроль – виступ, обґрунтування і аналіз схем, таблиць.

Методи практичної перевірки – поточний, тематичний контроль – проведення лабораторного дослідження, виконання індивідуальних завдань різного спрямування.

Методи письмової перевірки – тематичний, періодичний і підсумковий контроль – контрольні роботи, тестування, хімічні диктанти.

### 11. Критерії оцінювання результатів навчання

<b>Критерії оцінювання результатів навчання</b>	
<b>Високий (А) 90 – 100 % відмінно</b>	Здобувач вищої освіти виявляє високий рівень теоретичних знань: аналізує, систематизує, використовує міжпредметні зв'язки, робить узагальнення та аргументовані висновки. Здобувач вищої освіти вмє синтезувати знання по окремих темах; використовує здобуті знання і вміння в нестандартних ситуаціях, здатний вирішувати проблемні питання. Здобувач вищої освіти самостійно виконує лабораторні роботи, раціонально використовуючи обладнання і реактиви; описує спостереження; правильно складає та захищає звіт, що містить обґрунтовані висновки. Самостійні роботи містять змістовні відповіді на теоретичні питання; наведені правильні розв'язки практичних завдань. Відповідь здобувача вищої освіти відрізняється точністю формулювань, логікою, достатній рівень узагальненості знань. Здобувач вищої освіти самостійно орієнтується в потоці інформації з дисципліни; здатний проаналізувати й узагальнити результат.
<b>Середній (В, С) 75 – 89% добре</b>	Здобувач вищої освіти виявляє середній рівень теоретичних знань, відповідь дає в цілому правильну, достатньо повну, логічну; допускає несуттєві помилки та неточності. Здобувач вищої освіти виконує лабораторні роботи переважно самостійно, описує спостереження; в цілому правильно складає і захищає звіт, робить висновки. Самостійні роботи містять правильні відповіді на всі питання, деякі відповіді недостатньо змістовні. Здобувач вищої освіти може самостійно застосовувати знання в стандартних ситуаціях, його відповідь логічна, але розуміння не є узагальненим.

<b>Достатній (Д, Е)</b> <b>61 – 74%</b> <b>задовільно</b>	Здобувач вищої освіти виявляє достатній рівень теоретичних знань; відповідь дає частково правильну або недостатньо обґрунтовану. Здобувач вищої освіти відтворює основні поняття і визначення курсу, але досить поверхово, не виділяючи взаємозв'язок між ними, може сформулювати з допомогою викладача основні положення теорії; допускає неточні і не повні відповіді, не чітко їх формулює, робить окремі помилки у відповіді, але може їх усунути під керівництвом викладача, недостатньо володіє термінологією. Здобувач вищої освіти самостійно виконує окремі хімічні досліди, дотримуючись інструкції; описує хід виконання дослідів; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки в рівняннях реакцій. Всі завдання самостійної роботи опрацьовані ; відповіді на суттєву кількість питань дуже стислі або поверхові.
<b>Низький (FX, F)</b> <b>1 – 60%</b> <b>незадовільно</b>	Здобувач вищої освіти виявляє недостатній рівень теоретичних знань; відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована. Здобувач вищої освіти не розв'язує задачі. Здобувач вищої освіти виконує найпростіші хімічні досліди під керівництвом викладача; складає неохайно оформлений звіт, що містить велику кількість помилок, відсутні висновки. Відповідь здобувача вищої освіти при відтворенні навчального матеріалу елементарна, фрагментарна, зумовлена нечіткими уявленнями щодо педагогічних процесів. У відповіді цілком відсутня самостійність. Здобувач вищої освіти знайомий лише з деякими основними поняттями та визначеннями курсу, з допомогою викладача може сформулювати лише деякі основні положення.

Поточний контроль здійснюється на кожному занятті відповідно з конкретними цілями, а також під час індивідуальної роботи викладача зі здобувачем вищої освіти для тих тем, які здобувач вищої освіти опрацьовує самостійно і вони не входять до структури практичного заняття.

Оцінка практичної підготовки здобувачів вищої освіти – за результатом виконання практичної частини – оформлюється у вигляді звіту.

Максимальна кількість балів за теми становить 10 балів: (7 тем по 10 балів). Індивідуальне навчально-дослідне завдання (ІНДЗ) полягає у розв'язанні задач з кінетики та адсорбції. Максимальна оцінка за індивідуальне навчально-дослідне завдання дорівнює 20 балів (10 задач по 2 бали). Підсумковий контроль здійснюється по завершенню вивчення дисципліни у формі екзамену. До екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, які виконали всі види робіт, передбачені програмою навчальної дисципліни, та при вивченні дисципліни набрали кількість балів, не меншу за мінімальну. Форма проведення екзамену є стандартною і включає контроль теоретичної і практичної підготовки. Екзамен проводиться під час екзаменаційної сесії згідно розкладу і включає: 50 тестів, які оцінюються по 0,2 бала (50 хвилин). Максимальна кількість балів, яку може набрати здобувач вищої освіти при складанні екзамену становить 10.

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Модуль 1							Модуль 2	ПК	Сума
Поточне тестування та самостійна робота							ІНДЗ		
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				20	10	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7			
10	10	10	10	10	10	10			

**13. Шкала оцінювання:**

Сума балів	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС
90 -100	відмінно	A
82 - 89	добре	B
75 - 81		C
69 - 74	задовільно	D
60 - 68		E
35 - 59	незадовільно з можливістю повторного складання	FX
1 - 34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

**14. Методичне забезпечення**

1. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни (ІКНМЗД).
2. Нормативні документи; ілюстративні матеріали.
3. Мультимедійні засоби (електронні підручники, словники, відео-матеріали; ресурси Інтернету).
4. Система дистанційного навчання «Moodle».

**15. Рекомендована література****Основна**

1. Денисов Е. Т. Химическая кинетика / Е. Т. Денисов, О. М. Саркисов, Г. И. Лихтенштейн. – М. : Химия, 2000.
2. Панченков Г. М. Химическая кинетика и катализ / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. – М. : Химия, 1985.
3. Эммануэль Н. М. Курс химической кинетики / Н. М.Эммануэль, Д. Г. Кнорре. – М. : Высшая школа, 1974.
4. Келети Т. Основы ферментативной кинетики / Т. Келети. – М.: Мир, 1990.
5. Стромберг А. Г. Физическая химия / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко. – М. : Высшая школа, 1999.
6. Яцимирский К. Б. Кинетические методы анализа / К. Б. Яцимирский. – М. : Химия, 1967.

**Допоміжна**

1. Crouch S. R. Kinetic Determination and Some Kinetic Aspects of Analytical Chemistry / S. R. Crouch, A. Scheeline, E. S. Kirkor // Anal. Chem. 2000, 72. P 53 – 70.
2. Caruso Ed. J. A. Elemental Speciation. New Approaches for Trace Element Analysis / Ed. J. A. Caruso, K. L. Sutton, K. L. Ackley-Elsevier, 2000. – 650 p.
3. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов – М.: Химия, 1982. – 426 с.
4. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химия / С. С. Воюцкий – М.: Химия, 1964, 1975.- 540 с.
5. Основи колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем: Підручник / М. О. Мчедлов-Петросян, В. І. Лебідь, О. М. Глазкова, С. В. Єльцов, О. М. Дубина, В. Г.Панченко: за ред. М.О.Мчедлова-Петросяна. – Х., ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2004р. – 300с.

### 16. Інформаційні ресурси

1. <http://library.chem.univ.kiev.ua> – Велика бібліотека підручників з хімії хімічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.
2. <http://nduv.gov.ua> - бібліотека ім. В. І. Вернадського.
3. <http://ekniga.com.ua> – інформаційно-пошукова система-каталог з електронної літератури: книжки, довідники, словники, енциклопедії, підручники і т. д.
4. <http://7ua.net> – електронна бібліотека: енциклопедії, словники, підручники, будь-яка література.
5. <http://lib.com.ua> – сайт електронної бібліотеки.
6. <http://www.anriintern.com/chemistry>. Хімічна література.