

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Факультет природничих наук

Кафедра хімії

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Хімія сорбентів та фотокаталізаторів**

Освітня програма Хімія

Спеціальність 102 «Хімія»

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “28” серпня 2019 р.

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Компетентності
5. Результати навчання
6. Організація навчання курсу
7. Система оцінювання курсу
8. Політика курсу
9. Рекомендована література

| 1. Загальна інформація                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назва дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Хімія сорбентів та фотокаталізаторів                                                        |
| Викладач (-і)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | проф. МIRONIYUK Іван Федорович                                                              |
| Контактний телефон викладача                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | +380503738486                                                                               |
| E-mail викладача                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | myrif555@gmail.com                                                                          |
| Формат дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Лекції, практичні, лабораторні роботи, самостійна робота                                    |
| Обсяг дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6 кредитів, 180 годин                                                                       |
| Посилання на сайт дистанційного навчання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <a href="http://www.d-learn.pu.if.ua/index.php?">http://www.d-learn.pu.if.ua/index.php?</a> |
| Консультації                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Щотижня                                                                                     |
| 2. Анотація до курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                             |
| Дисципліна «Хімія сорбентів та фотокаталізаторів» вивчається студентами спеціальності «Хімія» на третьому курсі в шостому семестрі. Предмет спрямований на ознайомлення студентів з відомими методами одержання та дослідження сорбційних і фотокаталітичних матеріалів. Розглядається вплив різних чинників на процес структуроутворення і морфологію функціональних матеріалів. Велика увага приділяється теоретичним основам явищ адсорбції і фотокаталізу. |                                                                                             |
| 3. Мета та цілі курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                             |
| <b>Мета курсу</b> – формувати у студентів навички та вміння самостійної роботи при використанні основних методів отримання сорбентів нового покоління, а також ознайомити студентів з новітніми розробками в сфері дослідження сорбційних матеріалів та нанорозмірних фотокаталізаторів.                                                                                                                                                                       |                                                                                             |
| <b>Завдання курсу:</b> навчити студентів самостійної роботи з технікою хімічного експерименту (робота зі стандартним хімічним обладнанням та приладами), а також відпрацювати на конкретних прикладах найпростіші операції, що виконуються при отриманні сорбційних і фотокаталітичних матеріалів.                                                                                                                                                             |                                                                                             |
| <b>Знати:</b><br>- основні типи сорбційних матеріалів, методи їх синтезу та дослідження фізико-хімічних властивостей;<br>- основні типи фотокаталізаторів, принципи їх функціонування, основні напрямки практичного застосування в сучасній науці та промисловості;                                                                                                                                                                                            |                                                                                             |

- підходи для створення нових сорбційних матеріалів і фотокаталізаторів;
- основні методи контролю функціональних властивостей неорганічних сорбентів та фотоактивних матеріалів;
- основні методи хімічного та термо-хімічного модифікування сорбентів і фотокаталізаторів з метою підвищення їх активності.

#### **Вміти:**

- застосовувати на практиці знання про будову та фізико-хімічні властивості сорбентів і фотокаталізаторів для вирішення насушних проблем;
- використовувати закономірності зв'язку між хімічним складом, структурою та властивостями сорбентів та фотоактивних сполук під час синтезу нових перспективних матеріалів.

### **4. Компетентності**

#### **Загальні компетентності (ЗК):**

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

#### **Спеціальні (Фахові) компетентності спеціальності (СК):**

СК 1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

СК 5. Здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних.

СК 10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

СК 11. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (наукова доброчесність).

### **5. Програмні результати навчання**

#### **Очікувані програмні результати навчання (ПРН):**

ПРН1. Вміти застосовувати сучасні закони хімії для створення нових прогресивних технологій.

ПРН6. Вміти застосовувати принципи термодинаміки, квантової механіки для опису будови і властивостей атомів, молекул та речовин.

ПРН8. Вміти визначати хімічні, фізико-хімічні, фізичні, механічні та структурні властивості сполук.

ПРН9. Вміти класифікувати сполуки, давати їм назви, обґрунтовувати їх будову, прогнозувати їх властивості.

ПРН11. Виконувати стандартні лабораторні процедури, використовувати обладнання при синтезі і аналізі органічних і неорганічних сполук і матеріалів.

ПРН14. Розбиратися в основних проблемах наукових та навчальних дисциплін, значимості своєї професії.

ПРН15. Використовувати знання для роботи в міждисциплінарних областях знань, нетрадиційних системах освіти, формах та типах навчання.

### **6. Організація навчання курсу**

#### **Обсяг курсу**

| Вид заняття        | Загальна кількість годин |
|--------------------|--------------------------|
| Лекції             | 30                       |
| Практичні заняття  | 10                       |
| Лабораторні роботи | 20                       |
| Самостійна робота  | 120                      |

#### **Ознаки курсу**

| Семестр | Спеціальність | Курс<br>(рік навчання) | Нормативний /<br>Вибірковий |
|---------|---------------|------------------------|-----------------------------|
| Шостий  | 102 «Хімія»   | Третій                 | Вибірковий                  |

#### **Тематика курсу**

| Тема, план | Форма<br>заняття | Літера-<br>тура | Завдання,<br>год | Вага оцінки | Термін<br>виконання |
|------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|---------------------|
|------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|---------------------|

|                                                                                                                                                                                                          |                                 |          |                                                         |                             |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| <b>Змістовий модуль 1.</b><br><b>Тема 1.</b> Явище адсорбції. Типи адсорбентів. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра.                                                                              | Лекція                          | [1]      | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За<br>розкладом |
| <b>Тема 2.</b> Ступінчаста і полімолекулярна адсорбція. Полімолекулярна адсорбція газів. Теорія БЕТ.                                                                                                     | Лекція                          | [1]      | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 3.</b> Потенціальна теорія Поляні. Адсорбційний потенціал. Теорія об'ємного заповнення мікропор.                                                                                                 | Лекція                          | [1]      | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 4.</b> Силікагель, його структурно-морфологічні характеристики. Технологічні аспекти одержання сферичних і циліндричних гранул силікагелю.                                                       | Лекція                          | [2 – 4]  | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 5.</b> Вуглецеві адсорбенти та методи їх одержання. Структурно-морфологічні характеристики адсорбентів, одержаних термолітичним розкладом моно- та дисахаридів.                                  | Лекція                          | [5-7]    | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 6.</b> Синтез вуглецевих адсорбентів з використанням темплат. Темплати для синтезу мікро- та мезопористих адсорбентів.                                                                           | Лекція                          | [5-7]    | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 7.</b> Адсорбенти для еферентної медицини.                                                                                                                                                       | Лекція,<br>практичне<br>заняття | [8]      | 2 год.,<br>2 роб.<br>год.,<br>Сам.<br>роб.<br>8<br>год. | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 8.</b> Адсорбенти для вилучення з водного середовища катіонів важких металів і стронцію.                                                                                                         | Лекція                          | [9 – 11] | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год                           | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За розкладом    |
| <b>Тема 9.</b> Золь-гель синтез мезопористого титан (IV) оксиду та його структурно-морфологічні характеристики. Вплив катіонів металів та одержання рутильної і анатазної модифікацій TiO <sub>2</sub> . | Лекція,<br>практичне<br>заняття | [12,13]  | 2 год.,<br>2 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год.               | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За<br>розкладом |
| <b>Тема 10.</b> Пірогенний синтез аеродисперсного кремнезему. Аналітичні характеристики аеросилу. Адсорбція катіонів металів аеродисперсним кремнеземом із хемосорбованими триметилсилільними            | Лекція                          | [14]     | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год.                          | Максимальна<br>оцінка – 5 б | За<br>розкладом |

|                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                      |          |                                           |                          |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------|
| групами.                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                      |          |                                           |                          |              |
| <b>Тема 11.</b> Явище фото каталізу. Зв'язок фото каталізу з фото сенсibiliзацією і спектрофотокаталізом. Різновиди фото каталізу і типи фото каталітичних систем.                                | Лекція, практичне заняття                                                                                                                                                                                            | [15,16]  | 2 год.,<br>2 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год. | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Тема 12.</b> Фотоіндуковане накопичення надлишкового заряду в наночастинкових напівпровідниках. Ефект Бурштейна-Мосса.                                                                         | Лекція                                                                                                                                                                                                               | [15,16]  | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Тема 13.</b> Фотокаталітичні процеси за участю наночастинок напівпровідника, заряджених під дією світла.                                                                                       | Лекція, практичне заняття                                                                                                                                                                                            | [15,16]  | 2 год.,<br>2 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год. | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Тема 14.</b> Різновиди та методи синтезу нанодисперсних фотокаталізаторів.                                                                                                                     | Лекція                                                                                                                                                                                                               | [15,16]  | 2 год.,<br>Сам. роб.<br>4 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Тема 15.</b> Двохкомпонентні напівпровідникові нанофотокаталізатори. Одержання сонячного водню з використанням нанофотокаталізаторів. Фото каталітичне знешкодження патогенних мікроорганізмів | Лекція, практичне заняття                                                                                                                                                                                            | [15,16]  | 2 год.,<br>2 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год. | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Лабораторна робота. №1.</b> Розрахункова робота, опрацювання експериментальних ізотерм математичними моделями.                                                                                 | Лабораторна робота                                                                                                                                                                                                   | [1 – 16] | 4 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Лабораторна робота № 2.</b> Визначення точки нульового заряду поверхні твердого тіла.                                                                                                          | Лабораторна робота                                                                                                                                                                                                   | [1 – 16] | 4 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Лабораторна робота № 3.</b> Визначення адсорбційної здатності сорбента по відношенню до барвників.                                                                                             | Лабораторна робота                                                                                                                                                                                                   | [1 – 16] | 4 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Лабораторна робота № 4.</b> Синтез наночастинок магнетиту методом осадження.                                                                                                                   | Лабораторна робота                                                                                                                                                                                                   | [1 – 16] | 4 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>Лабораторна робота № 5.</b> Синтез наночастинок магній фериту методом золь-гель автогоріння.                                                                                                   | Лабораторна робота                                                                                                                                                                                                   | [1 – 16] | 4 год.,<br>Сам. роб.<br>8 год.            | Максимальна оцінка – 5 б | За розкладом |
| <b>7. Система оцінювання курсу</b>                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                      |          |                                           |                          |              |
| Загальна система оцінювання курсу                                                                                                                                                                 | Залік: максимальна оцінка – 100 балів.<br>Допуск до заліку – 50 балів – за практичні і лабораторні заняття;<br>- за лабораторні заняття – 30 балів;<br>- практичні заняття – 20 балів.<br>Залікова робота – 50 балів |          |                                           |                          |              |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практичні заняття                      | За роботу на парах студент може отримати максимум 20 балів до допуску.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Лабораторні заняття                    | Після виконання роботи студент повинен оформити звіт до кожної роботи, а також захистити їх у викладача на позитивну оцінку (мінімум 3 бали).<br>Максимум – 5 балів за кожену роботу.<br>За виконання лабораторного практикуму студент може отримати максимум 30 балів до допуску.                     |
| Умови допуску до підсумкового контролю | Виконання 100 % завдань на лабораторних роботах.<br>Відвідування більше 50% лекційних занять.<br>Робота на парах:<br>До кожної з тем, які передбачені робочою програмою навчальної дисципліни, студент по бажанню може підготувати презентацію, доповісти та максимально отримати 10 балів до допуску. |

#### 8. Політика курсу

- Обов'язковим є для отримання допуску до заліку відвідування більш 50% занять, виконання лабораторних робіт, написання контрольної роботи, виконання самостійної роботи, а також набрати в сумі не менше 25 балів з 50 максимально можливих.
- Якщо студент пропустив більше 50% лекційних занять, він повинен підготувати реферати на відповідні тематики і тільки тоді буде допущений до складання заліку.
- Якщо студент пропустив менше 50% лекційних занять, то вони не відпрацьовуються, але студент повинен знати пропущений лекційний матеріал.
- Пропуски лабораторних занять відпрацьовуються наступним чином: опрацювання теми, а також виконання лабораторної роботи в такий час, щоб не заважати проведенню інших лабораторних робіт.
- Якщо студент не відпрацював пропущені лабораторні заняття він не допущений до заліку.
- Неприпустимі списування, студент повинен вільно володіти матеріалом.
- Обов'язковим є для можливості скласти залік відвідування більш 50% занять, виконання лабораторного практикуму, робота на парах, а також виконання самостійної роботи.

#### 9. Рекомендована література

1. Мchedlov-Петросян М.О. Колоїдна хімія. За ред. проф. М.О.Мchedlova-Петросяна. 2-ге вид., випр. і доп. –Х.:ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. -300 с.
2. Комаров В. С. Научные основы синтеза адсорбентов / В. С. Комаров. –Минск : Беларус. наука, 2013. –181 с.
3. Неймарк И.Е. Силикагель, его получение, свойства и применение/ И.Е.Неймарк, Р.Ю. Шейнфайн. – Киев: Наук.думка,1973.-216 с.
4. Кольцов С.И., Алесковский В.Б. Силикагель, его получение, свойства и применение. - Київ : Наукова думка, 1973.
5. Стрелко В.В., Зажигалов В.О., Ставицька С.С. Селективна сорбція і каталіз на активному вугіллі та неорганічних іонітах. – К.: Наукова думка, 2008. – 304 с.
6. Беленков Е.А., Ивановская В.В., Ивановский А.Л. Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы. Компьютерное моделирование. Екатеринбург: УрО РАН, 2008.-169 с.
7. I.F. Myronyuk, V.I. Mandzyuk, V.M. Sachko, V.M. Gun'ko. Structural features of carbons produced using glucose, lactose, and saccharose // Nanoscale Research Letters. – 2016. – V.11 (508). – P. 1-9.
8. І.І. Геращенко. ЕНТЕРОСОРБЕНТИ: ЛІКАРСЬКІ ЗАСОБИ І ДІЄТИЧНІ ДОБАВКИ. Науково-довідкове видання. –Київ. – 2014. -250 с.
9. Mironyuk I., Mykytyn I., Vasylyeva H., Savka K., 2020. Sodium-modified mesoporous TiO<sub>2</sub>: Sol-gel synthesis, characterization and adsorption activity toward heavy metal cations. Journal of Molecular Liquids, 316 (10) 113840 <https://www.doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113840>
10. Hanna Vasylyeva, Ivan Mironyuk, Igor Mykytyn, Khrystyna Savka, 2020. Equilibrium studies of yttrium adsorption from aqueous solutions by titanium dioxide. Applied Radiation and Isotopes, 109473 <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109473> .
11. Mironyuk, T. Tatarchuk, H. Vasylyeva, V. M. Gun'ko, I. Mykytyn, Effects of chemisorbed arsenate groups on the mesoporous titania morphology and enhanced adsorption properties towards Sr(II) cations, Journal of Molecular Liquids, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.03.026> .

12. Myronyuk, I.F. Myronyuk, V.L. Chelyadin, V.M. Sachko, M.A. Nazarkovsky, R. Lebeda, J. Skubiszewska-Zieba, V.M. Gun'ko, Structural and morphological features of crystalline nanotitanium synthesized in different media, Chem. Phys. Lett. 583 (2013) 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2013.07.068>
13. Mironyuk I. F., Soltys L. M., Tatarchuk T. R., Savka K. O. (2020). Methods of Titanium Dioxide Synthesis (Review). Physics and Chemistry of Solid State, 21(3), 462-477. <https://doi.org/10.15330/pcss.21.3.462-477>
14. I.F. Mironyuk, V.M. Gun'ko, H.V. Vasylyeva, O.V. Goncharuk, T.R. Tatarchuk, V.I. Mandzyuk, N.A. Bezruka, T.V. Dmytrotso, Effects of enhanced clusterization of water at a surface of partially silylated nanosilica on adsorption of cations and anions from aqueous media, Microporous and Mesoporous Materials, Volume 277, 2019, Pages 95-104, <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.10.016>
15. Mironyuk I., Soltys L., Tatarchuk T., Tsinurchyn V. (2020). Ways to Improve the Efficiency of TiO<sub>2</sub>-based Photocatalysts (Review). Physics and Chemistry of Solid State, 21(2), 300-311. <https://doi.org/10.15330/pcss.21.2.300-311>.
16. Нанофотокатализ / А.И. Крюков, А.Л. Строюк, С.Я. Кучмий, В.Д. Походенко — К. : Академперіодика, 2013. — 618 с.

Викладач \_\_\_\_\_ **І.Ф. Миронюк**