

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра неорганічної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

Н.І. Усенко

«___» _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОСНОВИ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

**для здобувачів освітньо-наукового рівня
доктор філософії**

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітньо-наукова програма
вид дисципліни

**10 Природничі науки
102 Хімія
третій, освітньо-науковий
Хімія
вибіркова**

Форма навчання **денна**
Навчальний рік **2022/2023**
Період навчання **2 рік**
Кількість кредитів ECTS **4**
Мова викладання,
навчання та оцінювання **українська**
Форма заключного контролю **іспит**

Викладач:

Теребіленко Катерина Володимирівна, д.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії

Пролонговано: на 2023-2024 н.р. _____ «___» _____ 202__ р.

Пролонговано: на 2024-2025 н.р. _____ «___» _____ 202__ р.

Пролонговано: на 2025-2026 н.р. _____ «___» _____ 202__ р.

Розробник: **Теребіленко Катерина Володимирівна**, *д.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії*

Затверджено

«__» _____ 2022 року

В.о. завідувача кафедри неорганічної хімії

_____ Р.Д. Лампека
(підпис)

Протокол № __ від “_” _____ 2022 року

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № __ від “_____” _____ 2022 року

Голова науково-методичної комісії _____ Роїк О.С.

«__» _____ 2022 року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – формування у аспіранта системи знань та вмінь щодо сучасних методів фізико-хімічних принципів, на яких основані сучасні промислові потужності по виробництву водню, фундаментальних проблем одержання, накопичення та безпечного використання водню, які можна вирішити комплексним поєднанням матеріалознавства, електрохімії, теплофізики та каталізу.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

Знати: неорганічну хімію, фізичну хімію, органічну хімію, аналітичну хімію, основи матеріалознавства на рівні випускника магістратури за спеціальністю «Хімія».

Вміти: використовувати на практиці методи неорганічного та органічного синтезу, загальні теоретичні положення фізичних методів досліджень хімічних сполук на рівні магістра за спеціальністю «Хімія».

Володіти навичками пошуку інформації в наукометричних та патентних базах, її критичної обробки та представлення, застосовувати отримані знання для вирішення прикладних та теоретичних задач у галузі хімії.

3. Анотація навчальної дисципліни. Дисципліна «Основи водневої енергетики» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. Вона забезпечує особистісний і професійний розвиток аспіранта та спрямована на формування ефективного дослідника і викладача вищої школи, здатного до свідомого розуміння фундаментальних проблем одержання, накопичення та безпечного використання водню, які можна вирішити комплексним поєднанням матеріалознавства, електрохімії, теплофізики та каталізу.

В курсі розглядаються ефективні, економічно вигідні, конкурентоспроможні та безпечні технологічні виробництва, які є основою майбутнього водневої енергетики. Високі вимоги до сучасних зелених методів виробництва водню обумовлено необхідністю промислового використання тої сировини та ресурсів, що відповідають високим стандартам чистоти готового продукту та низькому рівню енергозатрат та побічних продуктів.

4. Завдання: забезпечити підготовку аспірантів до дослідницької роботи в сучасних проектах з особливостей впровадження міжнародних та українських програм щодо впровадження водневої енергетики; розвинути навички планування складних експериментів, здатності інтерпретувати отримані дані і прив'язувати їх до відповідної теорії; сприяти розвиненню здатності розв'язувати комплексні проблеми в галузі хімії та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань на стику хімії та матеріалознавства; сприяти розвитку абстрактного мислення, здатності формувати робочі гіпотези та перевіряти їх на практиці із застосуванням знання про новітні тенденції в хімії та фізиці твердого тіла, матеріалознавстві; розвиток здатності до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

5. Результати навчання за дисципліною:

<i>Код</i>	<i>Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>	<i>Форми викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
1.1	Знання промислових та лабораторних методів одержання водню	<i>лекції, аналітична робота</i>		20

1.2	Знання новітніх концепцій фізичних та фізико-хімічних методів зберігання водню	лекції, практичні, аналітична робота	презентації, ПсК	10
1.3	Знання новітніх концепцій використання неорганічних вуглецевих та оксидних сорбентів для концентрування та транспортування	лекції, практичні, аналітична робота		20
2.1	Вміння планувати складний синтез композитних високодисперсних метаріалів для одержання, зберігання та накопичення водню	лекції, практичні		5
2.2	Вміння проводити відбір та дизайн сполук, що можуть бути корисними для процесів сорбції/десорбції водню	лекції аналітична робота		5
2.3	Набуття універсальних навичок усної і письмової презентації результатів власного наукового дослідження; збір і критичний аналіз наукової літератури, у тому числі іноземної, за заданою темою	практичні, доповідь, аналітична робота		20
3.1	Застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для збору, аналізу, обробки та інтерпретації інформації у галузі новітньої неорганічної хімії та матеріалознавства	лекції, практичні, аналітична робота		5
3.2	Вільне володіння науковою термінологією з метою вільного професійного спілкування з колегами щодо питань у галузі інновацій в неорганічній хімії, а також тих, що стосуються сфери наукових та експертних знань	практичні, аналітична робота		5
4.1	Аналіз проблеми, самостійне планування та інтерпретування результатів експерименту	практичні, аналітична робота		5
4.2	Дотримання правил наукової етики та доброчесності в процесі критичної обробки наявної та створенні нової інформації у галузі аналітичної та медичної хімії	практичні, аналітична робота		5

* підсумковий контроль ПсК

6. В результаті вивчення дисципліни аспірант отримає нові сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі матеріалознавства та основ водневої енергетики; відпрацює вміння формулювати наукову проблему з огляду на сучасні наукові тенденції та здатність професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях.

Все це допоможе йому навчитись ініціювати, організовувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань та відшліфувати вміння кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях в фахових виданнях, використовуючи при цьому сучасні інноваційні технології при плануванні експерименту, а також зборі, аналізі, обробці та інтерпретації експериментальних даних складних досліджень в галузі неорганічної хімії та матеріалознавства.

7. Схема формування оцінки

7.1. Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100-бальною шкалою. Модульний контроль включає 1 змістовний модуль і комплексний підсумковий модуль (іспит). Впродовж навчання передбачається 3 практичні заняття.

- семестрове оцінювання

презентація референсу останніх досліджень із синтезу та дослідженню сорбентів водню та екологічно-безпечних технологій його одержання

Презентація кейс - завдання,

- підсумкове оцінювання – іспит.

Максимальна оцінка за семестр: **60 балів.**

Максимальна оцінка на іспиті: **40 балів.**

Максимальна загальна оцінка за курс: **100 балів.**

7.2. Організація оцінювання (за формами контролю згідно з графіком навчального процесу):

Види робіт	Змістовий модуль1 (ЗМ1)	
	Min. – 36 балів	Max. – 60 балів
Презентація референсу останніх досліджень із синтезу та дослідженню сорбентів водню та екологічно-безпечних технологій його одержання	12	20
Презентація кейс - завдання	24	40
Загальна сума	36	60

Оцінка за презентацію референсу та кейс-завдання (за результатами пошуку) включає в себе: теоретичне наповнення матеріалу – максимум 20 балів / мінімум 12 балів, мультимедійне оформлення – максимум 10 балів / мінімум 6 балів, презентація матеріалу – максимуму 10 балів / мінімум 6 балів. *Захист проводиться на останньому тижні занять.*

На передостанньому тижні занять проводиться тематична консультація, на якій обговорюються проблемні моменти, що можуть виникнути у аспіранта при підготовці реферансу та кейс - завдання.

При простому розрахунку ПО = ЗМ1 + КІПМ отримаємо:

	ЗМ1	іспит	Підсумкова оцінка (ПО)
Максимум	60	40	100
Мінімум	36	24	60
Критичний мінімум	20	40	60

Теми для самостійного опрацювання також виносяться на іспит.

Для здобувачів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум – 20 балів* для одержання допуску до іспиту обов'язково слід відпрацювати всі заборгованості.

У випадку відсутності здобувача з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Fail	0-59%

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ Теми	Назва Теми	Кількість годин		
		Лекції	Практ. зняття + конс.	Самост. робота
1	Воднева енергетика: зелена та відновлювальна	4	–	6
2	Методи одержання водню	4	–	–
	Електроліз води	–	–	6
	Парова конверсія метану	–	–	12
	Парціальне окиснення метану та риформінг вуглеводнів	–	–	12
	Газифікація вугілля	-		6
3	Альтернативні методи одержання водню	4	–	-
	Розклад води на основі термохімічних циклів	–	–	12
	Біохімічний розклад води	–	–	6
	Фотокаталітичний розклад води на основі напівпровідникових матеріалів	–	2	12
	Використання твердотільних електрохімічних комірок			6
4	Матеріали для накопичення та зберігання водню	2	–	–
	Адсорбційні методи зберігання водню	–	–	6
	Хімічні методи зберігання водню	–	2	6
5	Перспективи та завдання розвитку паливних водневих елементів	4	2	6
	ВСЬОГО	18	6	96

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекції – **18 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **96 год.**

9. Рекомендована література:

Основна

1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с
2. Петренко О.В., Яновська Є.С., Тереміленко К.В., Стусь Н.В., Зелена хімія. – Київ, Київський університет – 2021, – 238 с.
3. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2012. – 244 с.
4. Dinçer İ., Zamfirescu C. Sustainable hydrogen production. – Elsevier, 2016.
5. Turner J. A. Sustainable hydrogen production //Science. – 2004. – Т. 305. – №. 5686. – С. 972-974.
6. Andersson, J., & Grönkvist, S. (2019). Large-scale storage of hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*. doi:10.1016/j.ijhydene.2019.03.063
7. Hwang, H. T., & Varma, A. (2014). Hydrogen storage for fuel cell vehicles. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 5, 42–48. doi:10.1016/j.coche.2014.04.004

Додаткова:

1. Arimi, M. M., Knodel, J., Kiprop, A., Namango, S. S., Zhang, Y., & Geißen, S.-U. (2015). *Strategies for improvement of biohydrogen production from organic-rich wastewater: A review. Biomass and Bioenergy*, 75, 101–118. doi:10.1016/j.biombioe.2015.02.011
2. Elbeshbishy, E., Dhar, B. R., Nakhla, G., & Lee, H.-S. (2017). *A critical review on inhibition of dark biohydrogen fermentation. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 656–668. doi:10.1016/j.rser.2017.05.075
3. Moniz, S. J. A., Shevlin, S. A., Martin, D. J., Guo, Z.-X., & Tang, J. (2015). *Visible-light driven heterojunction photocatalysts for water splitting – a critical review. Energy & Environmental Science*, 8(3), 731–759. doi:10.1039/c4ee03271c
4. Ahmad, H., Kamarudin, S. K., Minggu, L. J., & Kassim, M. (2015). *Hydrogen from photo-catalytic water splitting process: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 599–610. doi:10.1016/j.rser.2014.10.101
5. Fajrina, N., & Tahir, M. (2018). A critical review in strategies to improve photocatalytic water splitting towards hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*. doi:10.1016/j.ijhydene.2018.10.200