

**1. Мета дисципліни** – формування у студента цілісної системи знань та вмінь щодо сучасних методів фізико-хімічних принципів, на яких ґрунтовані сучасні промислові потужності по виробництву водню, фундаментальних проблем одержання, накопичення та безпечного використання водню; знати ключові проблеми створення матеріалів для накопичення та контрольованого використання водню як «зеленого палива», які можна вирішити комплексним поєднанням матеріалознавства, електрохімії, теплофізики та каталізу.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати загальну хімію, основи неорганічної та органічної хімії.

2. Знати основи фізичної хімії.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** Дисципліна «Основи водневої енергетики» належить до переліку дисциплін вільного вибору студента. Вона забезпечує особистісний і професійний розвиток студента освітньої програми бакалавр зі спеціальності «Хімія» та спрямована на формування ефективного дослідника, 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 (навчальні цілі):**

забезпечити підготовку студентів до роботи в сучасних проектах з особливостей впровадження міжнародних та українських програм щодо впровадження водневої енергетики; розвинути навички відтворення відомих методик та експериментів, здатності інтерпретувати отримані дані і прив'язувати їх до відповідної теорії; сприяти розвиненню здатності розв'язувати комплексні проблеми в галузі хімії, що передбачає розуміння хімічних процесів та перетворень 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.

Компетентності:

ЗК 5 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК7. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)

ЗК9. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

СК2 Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

СК8. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

СК11. 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. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1 Знання промислових та лабораторних методів одержання водню	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями), перевірка самостійної роботи. Захист кейсу.	15
1.2 Знання новітніх концепцій фізичних та фізико-хімічних методів зберігання водню	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями), написання реферату, перевірка самостійної роботи. Захист кейсу..	15
1.3. Знання особливостей використання неорганічних вуглецевих та оксидних сорбентів для концентрування та транспортування водню	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями), оцінювання реферату, перевірка самостійної роботи. Захист кейсу.	15
1.4. Вміння відтворювати синтез композитних високодисперсних матеріалів для одержання, зберігання та накопичення водню	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями), перевірка самостійної роботи. Захист кейсу.	15
2.1. Вміти здійснювати літературний пошук по методикам одержання водень-акумілюючих матеріалів.	Самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями), перевірка самостійної роботи. Захист кейсу..	15
2.2. Вміти використовувати набуті знання для розрахунків, моделювання косметичних композицій, обробки даних.	Самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями), перевірка самостійної роботи. Захист кейсу.	25

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни					
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2
ПРН.01. 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.	+	+	+	+		
ПРН.05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.	+	+	+	+		

ПРН.08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.					+	+
ПРН.09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методи та техніки приготування розчинів та реагентів.					+	+
ПРН.10. Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.	+	+	+	+		
ПРН.15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.					+	+
ПРН.17. Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову доброчесність.					+	+

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

#### Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **100 балів /60 балів**, а саме:

1. Контрольна робота №1: РН 1.1, РН 1.2, РН 2.2 – **20/12 балів**.
2. Контрольна робота №2: РН 1.4, РН 1.5, РН 2.2 – **20/12 балів**.
3. Реферат № 1–3: РН 2.1, РН 2.2, РН 3.1 **30/18 балів**
3. Захист кейс-завдання № 1–3: РН 2.1, РН 2.2, РН 3.1 – **30/18 балів**.

### 7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Контрольна робота №1: не раніше **6 тижня** семестру;

Контрольна робота №2: не раніше **10 тижня** семестру;

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

Підсумкова оцінка з освітнього компонента, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма позитивно оціненими результатами навчання. Позитивну оцінку «зараховано» студент отримує, якщо сума позитивно оцінених результатів навчання всіх форм семестрового оцінювання (не менше 60% максимально можливої кількості балів) дорівнює або перевищує 60 балів.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Зараховано / Pass	90-100
	75-89
	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
<b>Тема 1. Методи одержання водню</b>				
1	<b>Самостійна робота.</b> Загальні питання переходу до концепції декарбонізації промисловості. Діяльність Української Водневої Ради.	0		10
2	<b>Лекція.</b> Одержання водню паровою конверсією метану, парціальним окисненням метану та риформінгом вуглеводнів	2		10
3	<b>Самостійна робота.</b> Технологія одержання водню газифікацією вугілля	0		10
4	Електроліз води.	0		10
5	<b>Лекція.</b> Альтернативні методи одержання водню. Термохімічні цикли.	2		10
6	<b>Самостійна робота.</b> Біотехнологічне одержання водню з біомаси.	0		10
7	<b>Самостійна робота.</b> Фотокаталітичні процеси як основа одержання «зеленого водню»	2		10
8	<b>Самостійна робота.</b> Використання твердотільних електрохімічних комірок в водневій енергетиці	0		10
Модульна контрольна робота №1				
<b>Тема 2. Матеріали для накопичення та зберігання водню</b>				
9	<b>Самостійна робота.</b> Фізичні методи зберігання водню. Газгольдери. Водневі балони. Концепція їх застосування в гібридних водневих автомобілях	0		10
10	<b>Лекція.</b> Адсорбційні методи зберігання та накопичення водню: металоорганічні каркаси (MOFs), оксидні пористі каркаси, вуглецеві матеріали.	2		10
11	<b>Самостійна робота.</b> Інтерметаліди та сплави для водневої енергетики	0		10
12	<b>Самостійна робота.</b> Хімічні методи зберігання та накопичення «зеленого водню»	0		10
13	<b>Лекція.</b> Перспективи та завдання розвитку паливних водневих елементів.	2		10
14	<b>Лекція.</b> Твердотільні паливні елементи. Запрошена лекція представника Інституту Загальної та неорганічної хімії ім. Вернадського	2		10
Модульна контрольна робота №2				
Всього		10	0	140

Загальний обсяг 150 год, в тому числі:

Лекції – 10 год.

Практичні заняття – 0 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 140 год.

## 9. Рекомендовані джерела

### Основні:

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., Терещенко 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. Кудря, С. О., Рєпкін, О. О., Рубаненко, О. О., Яценко, Л. В., & Шинкаренко, Л. Я. (2022). ЕТАПИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ. *Renewable Energy/Vidnovluvana Energetyka*, 68(1).
- 5.

### Додаткові:

1. Dinçer İ., Zamfirescu C. Sustainable hydrogen production. – Elsevier, 2016.
2. Turner J. A. Sustainable hydrogen production // *Science*. – 2004. – Т. 305. – №. 5686. – С. 972-974.
3. Andersson, J., & Grönkvist, S. (2019). Large-scale storage of hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*. doi:10.1016/j.ijhydene.2019.03.063
4. 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
5. Arimi, M. M., Knodel, J., Kiprof, 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
6. 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
7. 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
8. 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
9. 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