МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра екології

Затверджено
на засіданні кафедри екології
біологічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08. 2022 р.)

Завідувач кафедри Звенислава МАМЧУР

Силабус із навчальної дисципліни

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ,

що викладається в межах ОПП Екологія другого (магістерського) рівня

Львів 2022

Назва курсу	Нанотехнології в екологічних дослідженнях
Адреса викладання курсу	вул. Саксаганського 1, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра екології
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки, 101 Екологія
Викладачі курсу	Антоняк Галина Леонідівна, д.б.н., проф. кафедри екології
Контактна інформація викладачів	https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/antoniak-h-l halyna.antonyak@gmail.com
Консультації по курсу відбуваються	Консультації проводяться в день лекцій / практичних занять за попередньою домовленістю (вул. Саксаганського,1, ауд. 203). Також проводяться он-лайн консультації у системі Moodle. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3900
Інформація про курс	Курс розроблено таким чином, щоб надати студентам знання про стан, перспективи розвитку і галузі застосування нанотехнологій, структуру і властивості наноматеріалів, призначених для використання у сфері екології, важливість нанотехнологій для вдосконалення методів ремедіації компонентів довкілля, очищення води, ліквідації нафтового та інших забруднень.
Коротка анотація курсу	Дисципліна «Нанотехнології в екологічних дослідженнях» є вибірковою дисципліною з спеціальності 101 «Екологія» для освітньої програми з підготовки магістра, яка викладається на 2-му році навчання (3-й семестр) в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі курсу	Мета курсу – набуття здобувачами знань і умінь, необхідних майбутнім фахівцям-екологам для всебічного аналізу ролі наноматеріалів і нанотехнологій у різних галузях екологічних досліджень, значення нанотехнологій для вирішення практичних завдань екології. Водночас студенти набудуть уміння аналізувати екологічні проблеми, які виникають у зв'язку з широким застосуванням наноматеріалів у різних сферах діяльності людини (промисловість, сільське господарство, медицина та ін.), усвідомлювати екологічних ризик, пов'язаний із розповсюдженням наночастинок у компонентах навколишнього середовища.
Література для вивчення дисципліни	1. Габ А.І., Шахнін Д.Б., Малишев В.В. Наноматеріали: класифікація, технології одержання, особливі властивості, основні методи досліджень та напрями застосування : навч. посібник. Київ: Університет «Україна», 2020. 236 с. 2. Савченко І.О. Нанохімія та нанотехнології : підручник. Київ: ВПЦ Київський ун-т, 2019. 448 с. : 3. Кущевська Н.Ф., Терещенко О.Я., Папроцька О.А., Малишев В.В. Наноматеріали та нанотехнології : навч. посібник. Київ: Університет Україна, 2018. 139 с. 4. Василечко Л.О., Кондир А.І. Фізичні методи дослідження функціональних матеріалів : навч. посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2020. 328 с.

5. Сорочан О. М. Наноструктури та нанокапсули : конспект лекцій з дисципліни «Наноструктури та нанокапсули» для студентів спеціальності «Біомедична інженерія». Маріуполь: ПДТУ, 2019. 86 с.
6. Кондир А.І. Наноматеріалознавство і нанотехнології : навч. посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки. 2016. 452 с.
7. Косенко В., Кадомський С., Малишев В. Наноматеріали та нанотехнології. Їх використання у харчовому виробництві. Київ: Університет Україна, 2017. 327 с.
8. Павленко А.І. Знання нанонауки про наносвіт і нанотехнології у змісті STEM-освіти. Науковий журнал Хортицької національної академії. 2021. № 4. https://doi.org/10.51706/2707-3076-2021-4-2
9. Пахолюк О.В., Пушкар Г.О., Галик І.С., Семак Б.Д. Оцінка економічних аспектів розвитку нанонауки, нанотехнологій та ринку нанопродукції в Україні в XXI столітті. Товарознавчий вісник. 2021. Вип. 14. С. 238–248.
10. Фесенко О.М., Ковальчук С.В., Нищик Р.А. Проблеми та перспективи розвитку нанотехнологій в Україні та світі. Маркетинг і менеджмент інновацій, 2017, № 1. 170–179.
11. Азарєнков М. О., Неклюдов І. М., Береснєв В. М. та ін. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. 316 с.
12.Чекман І. С., Ульберг З. Р., Маланчук В. О. та ін. Нанонаука, нанобіологія, нанофармація. Київ : Поліграф плюс, 2012. 327 с.
13.Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури : навч. посібник. Нац. ун-т «Львів. Політехніка». Львів, 2009. 580 с.
14.Сілін Р.І., Гордєєв А.І., Параска Г.Б. та ін. Інноваційні нанотехнології активації і знезаражування води та вібраційне обладнання. Хмельницький: ХмЦНІІ, 2013. 252 с.

Допоміжна

1. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології : зб. наук. пр. / НАН України, Ін-т металофізики імені Г. В. Курдюмова. Київ: РВВ ІМФ. Т. 18, вип. 3. Київ, 2020. 776 с.
2. Скиба М., Півоваров О. Прогресивний процес окислення за допомогою плазми та нові матеріали для очищення води та стічних вод. Вода і водоочисні технології. 2020. № 3(28). С. 37-47.
3. Ульберг З.Р., Прокопенко В.А., Циганович О.А., Горда Р.В. Сучасний стан досліджень з формування наночастинок селену та їх використання в медицині. Хімія, фізика та технологія поверхні. 2020. Т. 11, № 3. С. 347-367.
4. Афтанділянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г. Наноматеріалознавство : підручник. Перше вид. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 550 с.
5. Патон Б., Москаленко В., Чекман І., Мовчан Б. Нанонаука і нанотехнології: Технічний, медичний та соціальний аспекти. Вісник національної академії наук України. 2009. №6. С.18-26.
6.Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України. НАН України, Наук.-дослід. центр індустр. проблем розвитку. – Харків : ІНЖЕК, 2011. 389 с.
7. Андрощук Г.О., Ямчук А.В., Березняк Н.В. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження. Державне агентство з питань науки, інновацій та

<table>
<tr><td></td><td>
інформатизації України, Укр. ін-т наук.-техн. і екон. інформації. Київ, 2011. 274 с.
8. Chopra H., Bibi S., Singh I. et al. Green metallic nanoparticles: biosynthesis to applications. Front Bioeng Biotechnol. 2022. 10:874742. doi: 10.3389/fbioe.2022.874742.
9. Baby R., Hussein M.Z., Abdullah A.H., Zainal Z. Nanomaterials for the treatment of heavy metal contaminated water. Polymers (Basel). 2022. 14(3):583. doi: 10.3390/polym14030583.
10. Zielińska A., Carreiró F., Oliveira A.M. et al. Polymeric nanoparticles: production, characterization, toxicology and ecotoxicology. Molecules. 2020; 25(16):3731. doi: 10.3390/molecules25163731.
11. Saleem H., Zaidi S.J. Developments in the application of nanomaterials for water treatment and their impact on the environment. Nanomaterials (Basel). 2020. 10(9):1764. doi: 10.3390/nano10091764.
12. Lofrano G., Libralato G., Brown J. (Eds.). Nanotechnologies for environmental remediation. Applications and implications. Springer International Publishing, 2017. 325 p.

Інтернет-ресурси:
1. https://books.google.com.ua/books?id=vyp1AwAAQBAJ&hl=uk&source=gbs_navlinks_s
2. https://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php
3. https://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/index_en.htm
4. https://echa.europa.eu/regulations/nanomaterials
5. https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits
6. https://ehs.unc.edu/lab/nano/
</td></tr>
<tr><td>Тривалість курсу</td><td>Один семестр</td></tr>
<tr><td>Обсяг курсу</td><td>120 годин: 48 годин аудиторних занять. З них 32 годин лекцій, 16 годин практичних занять. 72 години самостійної роботи</td></tr>
<tr><td>Очікувані результати навчання</td><td>Під час вивчення курсу здобувачі набудуть такі компетентності:
<table>
<tr><th>Компетентності</th><th>Програмні результати навчання</th></tr>
<tr><td>К01. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</td><td>ПР01. Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук про довкілля.
ПР02. Уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності у професійній діяльності.
ПР03. Знати на рівні новітніх досягнень основні концепції природознавства, сталого розвитку і методології наукового пізнання.</td></tr>
<tr><td>К02. Здатність приймати обґрунтовані рішення.</td><td>ПР10. Демонструвати обізнаність щодо новітніх принципів та методів захисту навколишнього середовища.
ПР15. Оцінювати екологічні ризики за умов недостатньої інформації та суперечливих вимог.</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

	ПР16. Вибирати оптимальну стратегію господарювання та/або природокористування в залежності від екологічних умов.
К06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.	ПР08. Уміти доносити зрозуміло і недвозначно професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу. ПР11. Уміти використовувати сучасні інформаційні ресурси з питань екології, природокористування та захисту довкілля. ПР18. Уміти використовувати сучасні методи обробки і інтерпретації інформації при проведенні інноваційної діяльності.
К09. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.	ПР01. Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук про довкілля. ПР02. Уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності у професійній діяльності. ПР03. Знати на рівні новітніх досягнень основні концепції природознавства, сталого розвитку і методології наукового пізнання.
К10. Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні екологічних проблем.	ПР01. Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук про довкілля. ПР04. Знати правові та етичні норми для оцінки професійної діяльності, розробки та реалізації соціально-значущих екологічних проектів в умовах суперечливих вимог. ПР17. Критично осмислювати теорії, принципи, методи і поняття з різних предметних галузей для вирішення практичних задач і проблем.

Після завершення цього курсу здобувачі будуть
знати:
визначення понять: нанооб'єкти, наноматеріали, нанотехнології;
перспективи розвитку нанонауки;
перспективні напрями застосування нанотехнологій;
основні групи наноматеріалів та їхні властивості;
види вуглецевих наноматеріалів та сфери їхнього застосування;
металовмісні наноматеріали та їхнє застосування;
особливості будови нанокомпозитних матеріалів;
сучасні способи отримання наноматеріалів;

	основні властивості наноматеріалів; основні сфери застосування нанотехнологій в екології; перспективи застосування нанотехнологій з метою ремедіації компонентів навколишнього середовища; методи застосування нанотехнологій з метою очищення стічних вод від антропогенних забрудників; застосування нанотехнологій з метою знезараження води; використання нанотехнологій з метою очищення ґрунту; використання нанотехнологій з метою очищення атмосферного повітря. **вміти**: здійснювати аналіз інформаційних джерел в галузі наноматеріалів і нанотехнологій; користуватися методами пошукових систем в галузі властивостей наноматеріалів і нанотехнологій; оцінити перспективність застосування нанотехнологій з метою захисту довкілля від антропогенного забруднення; оцінити ризик розповсюдження наночастинок у компонентах навколишнього середовища; застосовувати методи оцінки екологічного ризику застосування наноматеріалів.
Ключові слова	нанонаука, нанотехнології, наноматеріали, наночастинки, навколишнє середовище
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, практичних занять і консультацій для кращого розуміння тем
Теми	Подано у таблиці
Підсумковий контроль, форма	Залік
Пререквізити	Викладання навчальної дисципліни базується на знаннях, отриманих в результаті вивчення навчальних дисциплін на рівні бакалавра зі спеціальності 101 «Екологія» (Моніторинг довкілля; Оцінка впливу на довкілля і нормування антропогенної діяльності; Природоохоронне законодавство та екологічне право; Управління та поводження з відходами, біодеградація; Агроекологія; Екобезпека й управління в екологічній діяльності; Екологічна безпека продуктів харчування; Інноваційні технології в екології), або потребують базових знань з біологічних і екологічних дисциплін, достатніх для сприйняття категоріального апарату, розуміння сучасних екологічних проблем екології і охорони довкілля
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, проблемні лекції, дискусія. Робота в системі Moodle, побудова електронного навчання як простору прояву пізнавальних ініціатив.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми, проектор, прилади кафедральної екологічної лабораторії.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	**Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані під час поточного тестування, самостійної роботи (презентація) і модульного контролю. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: практичні заняття – 40 балів (8 занять × 5 = 40 балів);

	модульний контроль - 36 балів (модуль 1-ий = 12 балів, модуль 2-ий = 15 балів, модуль 3-ій = 9 балів; разом 36 балів); 3 презентації за результатами самостійної роботи - 24 бали (8×3=24 бали) Підсумкова максимальна кількість балів 100. **Академічна доброчесність**: презентаційні роботи студентів на практичних заняттях є виключно оригінальними результатами самостійного опрацювання матеріалу. **Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.**
Питання до заліку чи екзамену.	Основні питання, винесені на модульний контроль з дисципліни «Нанотехнології в екологічних дослідженнях»: Основні розділи нанонауки. Поняття про нанооб'єкт і наносистему. Наноефекти і нанооб'єкти в природі. Характерні особливості нанооб'єктів. Загальна характеристика наночастинок і наноматеріалів. Характерні риси нанотехнологій. «Інтуїтивні» нанотехнології. Основні види наночастинок. Форма наночастинок. Загальні властивості наноматеріалів. Особливості структури наноматеріалів. Галузі застосування наноматеріалів. Основні види вуглецевих наноматеріалів. Застосування вуглецевих нанотрубок. Особливості структури графену. Особливості структури фулеренів. Полімерні наночастинки та їх використання. Нанокомпозитні матеріали. Загальна характеристика наноматеріалів на основі металів та їхніх оксидів. Основні групи металовмісних наноматеріалів. Основні сфери використання металовмісних наноматеріалів. Використання металовмісних наноматеріалів з метою ремедіації компонентів довкілля. Загальна характеристика процесів наноремедіації довкілля. Способи отримання наночастинок металів. Наноматеріали на основі оксиду цинку та їх використання. Наночастинки оксиду алюмінію(III) та їх використання. Магнітні властивості наноматеріалів. Використання наноматеріалів на основі феруму. Наноматеріали, що містять благородні метали та їх використання. Виробництво наноматеріалів з використанням рослинних екстрактів. Виробництво наноматеріалів за участю мікроорганізмів. Використання металовмісних наноматеріалів для очищення води. Використання наноматеріалів для знезараження води. Застосування нанотехнологій під час очищення стічних вод. Використання наноматеріалів у процесах ремедіації ґрунту. Використання нанотехнологій з метою очищення повітря. Токсичні ефекти наноматеріалів. **Вказані матеріали розміщені:** https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3900

Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу на сайті: https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3900

Схема курсу

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи застосування нанотехнологій і наноматеріалів			
1	Фундаментальні концепції нанонауки та нанотехнологій. *Практичне заняття:* Хронологія розвитку нанонауки, нанотехнології, нановиробництва.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
2	Наноматеріали і наночастинки. Структура і властивості наноматеріалів.	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	
3	Основні групи наноматеріалів: структура та використання. *Практичне заняття:* Основні види вуглецевих наночастинок: отримання їх та застосування.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
4	Наноматеріали на основі металів і оксидів металів.	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	
5	Нанокомпозитні матеріали. *Практичне заняття:* Наночастинки металів і нанокомпозитні матеріали: сфери їхнього застосування.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
6	Синтез наноматеріалів з використанням рослинних екстрактів і мікроорганізмів.	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	
Змістовий модуль 2. Основні напрями застосування нанотехнологій в екології			
7	Основні напрями застосування наноматеріалів і нанотехнологій в екології. *Практичне заняття:* Методи отримання та дослідження наноматеріалів.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
8	Використання нанотехнологій у процесах ремедіації ґрунту (частина І).	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	
9	Використання нанотехнологій у процесах ремедіації ґрунту (частина ІІ). *Практичне заняття:* Методи очищення ґрунту із застосуванням наноматеріалів.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
10	Використання нанотехнологій з метою відновлення екологічного стану природних вод.	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	
11	Застосування нанотехнологій під час очищення стічних вод (частина І). *Практичне заняття:* Використання наноматеріалів з метою опріснення води.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
12	Застосування нанотехнологій під час очищення стічних вод (частина ІІ).	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	

Змістовий модуль 3. Екологічний ризик, пов'язаний із використанням наноматеріалів			
13	Застосування наноматеріалів у процесах очищення атмосферного повітря. *Практичне заняття:* Способи очищення повітря з використанням наноматеріалів.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
14	Екологічний ризик застосування нанотехнологій.	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	
15	Екологічні проблеми, пов'язані з розповсюдженням наночастинок у навколишньому середовищі. *Практичне заняття:* Токсичність наночастинок і наноматеріалів.	*Лекції – 2 год, практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	1 тиждень
16	Державна політика у сфері нанонауки та нанотехнологій в Україні.	*Лекції – 2 год, самостійна робота – 4,5 год*	

Автор професор кафедри екології Галина АНТОНЯК

Погоджено
Голова методичної ради біологічного факультету
Віталій ГОНЧАРЕНКО
31.08. 2022 р.

Гарант ОПП
Галина АНТОНЯК
31.08. 2022 р.