


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики твердого тіла

Затверджено

На засіданні кафедри фізики твердого тіла
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол №1 від 29 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри 

Володимир КАПУСТЯНИК

Силабус
з навчальної дисципліни «Відновлювальна енергетика»,
що викладається в межах ОПП «Нанофізика та наноматеріали»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Львів 2024 р.

Назва дисципліни	Відновлювальна енергетика
Адреса викладання курсу	вул. Драгоманова, 50, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра фізики твердого тіла
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки / 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	доцент кафедри фізики твердого тіла, к. ф.-м. н. Турко Борис Ігорович
Контактна інформація викладачів	borys.turko@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/turko-b-i
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Skype.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/vidnovliuval-na-enerhetyka-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Відновлювальна енергетика» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається в III семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	З урахуванням сучасних потреб і тенденції до глобальної екологізації виробництв та енергетики в дисципліні «Відновлювальна енергетика» узагальнено і систематизовано теоретичний доробок і практичний досвід сучасних технологічних рішень використання енергії відновлюваних джерел для потреб побуту та виробництва.
Мета та цілі дисципліни	Метою даної дисципліни є формування у студентів уявлення про сучасні технології освоєння, методи та засоби практичного використання відновлювальних джерел енергії, оцінку необхідної технічної потужності та проектування пристроїв перетворення енергії відновлювальних джерел у теплову та електричну. Освітньою ціллю курсу є формування вміння у студентів самостійно розробляти оптимальні схематичні рішення енергосистем з поєднанням елементів традиційної і нетрадиційної енергетики, оцінювати вплив використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії на навколишнє середовище, ефективно застосовувати в різних галузях господарювання знання з основ проектування нетрадиційних джерел енергії.
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. 2. Вітроенергетика [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / Головка В.М. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с. 3. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Курс лекцій / Кудря С.О., Будько В.І. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 387 с. 4. Тарасенко М.Г. Методичні вказівки до практичних робіт з курсу «Відновлювані джерела енергії». Методичні вказівки / Тарасенко М.Г., Гетманюк В.І. – Тернопіль : Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012. – 65 с. 5. Методичні рекомендації до практичних занять з навчальної дисципліни «Альтернативні джерела енергії» / Укл. Костенко В. К., Колеснікова В. В., Зав'ялова О. Л. – Донецьк: ДоНТУ, 2013. – 54 с.

	<p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Бідник Д.С. Огляд та стан сучасних вітрогенераторів / Тези доп. XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10–11 грудня 2019, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна. – С. 30–33. 2. Афзель С.С. Огляд сучасного стану перетворювачів сонячної енергії та перспективи їх розвитку / Тези доп. XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10–11 грудня 2019, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна. – С. 22–25. <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. http://www.sae.gov.ua 2. https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf.
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	105 годин, з яких 48 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 32 години лабораторних занять, та 57 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення цього курсу здобувач має оволодіти такими компетентностями:</p> <p>Загальні компетентності (ЗК):</p> <p>ЗК 01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК 02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК 03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК 05. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>ЗК 07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК 09. Здатність працювати автономно.</p> <p>ЗК 10. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності (СК):</p> <p>СК 02. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.</p> <p>СК 09. Здатність організувати роботу відповідно до вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці.</p> <p>Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:</p> <p>ПРН 01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.</p> <p>ПРН 03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.</p> <p>ПРН 06. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.</p>

	<p>ПРН 07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.</p> <p>ПРН 10. Планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.</p> <p>ПРН 11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.</p> <p>ПРН 12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.</p> <p>ПРН 15. Вміння розпізнавати методи синтезу наноматеріалів, встановлювати їх фізико-хімічні властивості, вплив на навколишнє середовище та людину.</p> <p>ПРН 16. Дотримуватися морально-етичних аспектів досліджень, інтелектуальної та академічної чесності, професійного кодексу поведінки.</p>
Ключові слова	Відновлювальні джерела енергії, енергоефективність, вітроенергетика, сонячна енергетика, геотермальна енергія, енергія біомаси, гідроенергетика, енергія довкілля, акумулятори.
Формат курсу	Очний
Теми	Наведено у табл.1 і табл. 2
Підсумковий контроль, форма	Підсумковий контроль: іспит в кінці семестру. Форма: усна.
Пререквізити	Для вивчення курсу необхідні знання з електрики і магнетизму, молекулярної фізики, механіки.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використовуються такі методи навчання: а) <i>словесні</i> – лекція, пояснення, бесіда; б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу презентаціями, що включають в себе таблиці, схеми та графіки; в) <i>лабораторні роботи</i> – виконання практичних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань та формування вмінь і практичних навичок.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи, проєктор, сонячна панель марки JAP60S01, оптичний мікроскоп оснащений CCD-камерою, спектрометр AvaSpec-ULS2048L-USB2-UA-RS, компактне збалансоване галогенно-дейтерієве джерело світла Avantes AvaLight-DHc, вимірювач оптичної потужності та енергії Thorlabs PM100USB, мультиметри MS8040, джерело постійного струму TP-1603, електрометр Keithley 6517A, симулятор сонячного спектру.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30 (12 лабораторних робіт по 2,5 бали); • контрольні заміри (модулі): 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20; • іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 50. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Критерії оцінювання лабораторних робіт:</p> <p>2,5 б. – студент повністю виконав завдання і володіє матеріалом на високому рівні;</p> <p>2 б. – студент повністю виконав завдання і володіє матеріалом на достатньо високому рівні;</p>

1,5 б. – студент повністю виконав завдання і володіє матеріалом на задовільному рівні;
 1 б. – студент частково виконав завдання і володіє матеріалом на задовільному рівні;
 0,5 б. – студент частково виконав завдання і тільки частково володіє матеріалом;
 0 б. – студент не виконав завдання.

Контрольна робота – максимально 10 балів:
 10 б. – студент повністю володіє матеріалом;
 6–9 б. – студент достатньо володіє матеріалом;
 1–5 б. – студент частково володіє матеріалом;
 0 б. – студент не володіє матеріалом.

Контрольна робота – максимально 10 балів:
 10 б. – студент повністю володіє матеріалом;
 6–9 б. – студент достатньо володіє матеріалом;
 1–5 б. – студент частково володіє матеріалом;
 0 б. – студент не володіє матеріалом.

Іспит – максимально 50 балів:
 Іспит проводиться у формі усної відповіді на питання.
 У білеті 3 питання (перше питання – 14 балів, наступні – по 18 балів, кожне).
 Критерії оцінювання описових питань іспиту:
 першого питання білету:
 14 б. – студент повністю володіє матеріалом;
 10–13 б. – студент достатньо володіє матеріалом;
 6–9 б. – студент частково володіє матеріалом;
 1–5 б. – студент має базові знання матеріалу;
 0 б. – студент не володіє матеріалом.
 другого і третього питань білету:
 18 б. – студент повністю володіє матеріалом;
 15–17 б. – студент достатньо володіє матеріалом;
 8–14 б. – студент частково володіє матеріалом;
 1–7 б. – студент має базові знання матеріалу;
 0 б. – студент не володіє матеріалом.

Додаткові бали можна отримати за результатами неформального та/або інформального навчання по тематиці даного курсу. Визнання та зарахування результатів такого навчання відбувається у відповідності до наданих документів про неформальне та/або інформальне навчання. Додаткові 10 балів можна отримати, наприклад пройшовши онлайн курс [«Стала та відновлювальна енергетика. Основи»](#) або подібний курс за тематикою курсу за умови, що загальне число набраних балів не перевищуватиме 100 балів. Додаткові 10 балів студент також може отримати за публікацію статті або особисту участь у науковій конференції за тематикою курсу за умови, що загальне число набраних балів не перевищуватиме 100 балів.

Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу.

	<p>Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на лабораторних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Роль енергетики в розвитку суспільств. 2. Класифікація джерел енергії на Землі. Термінологія, основні поняття дисципліни «Відновлювальна енергетика». 3. Енергетичний потенціал джерел енергії на Землі. 4. Енергетичний потенціал джерел енергії в Україні. 5. Особливості розвитку світової вітроенергетики. 6. Методи та засоби перетворення вітрової енергії. 7. Питомі енергетичні показники сонячної радіації та розподіл енергетичного потенціалу на території Землі та України. 8. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації. 9. Методи отримання електроенергії за рахунок використання сонячних фотоперетворювачів. 10. Сонячні електростанції. 11. Сонячна теплоенергетика. 12. Класифікація, принцип дії та області застосування сонячних колекторів. 13. Основні технічні та економічні показники обладнання теплової геліоенергетики. 14. Класифікація геотермальних ресурсів. Основні характеристики та питомі енергетичні показники. 15. Розподіл енергетичного потенціалу геотермальної енергії в Україні. Стан та перспективи освоєння геотермальної енергії. 16. Класифікація та основні характеристики систем видобування геотермальних ресурсів. 17. Основні техніко-економічні та екологічні показники геотермальної енергетики. 18. Класифікація джерел біомаси та методів перетворення енергії біомаси. 19. Класифікація продуктів, що можуть бути отримані в результаті переробки відходів біомаси та їх основні енергетичні характеристики. 20. Перспективи розвитку біоенергетики. Вплив розвитку біоенергетики на оточуюче середовище. 21. Основні сучасні технології та обладнання з переробки біомаси, їх технічні та економічні показники. 22. Класифікація, енергетичні показники та перспективи сучасного використання гідроенергії.

	<p>23. Сучасні методи, технології та обладнання малої гідроенергетики.</p> <p>24. Напрями та стан використання енергії довкілля.</p> <p>25. Енергетичні ресурси довкілля України.</p> <p>26. Методи та засоби освоєння енергії довкілля.</p> <p>27. Основні техніко-економічні показники теплових насосів та області їх застосування.</p> <p>28. Конструкції теплових насосів і напрями використання теплових насосів.</p> <p>29. Системи акумулювання енергії відновлюваних джерел.</p> <p>30. Електрохімічні, теплові, інерційні акумулятори.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Схема курсу «Відновлювальна енергетика»

Тиждень	Тема	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1, 2	<p>Тема 1. Місце та роль нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в сучасній енергетиці.</p> <p>Вступ. Структура курсу. Роль енергетики в розвитку суспільств. Економічні умови та чинники зростання рівня енергоефективності промислового виробництва України. Класифікація джерел енергії на Землі. Термінологія, основні поняття дисципліни. Енергетичний потенціал джерел енергії на Землі. Органічне паливо. Відновлювані джерела енергії. Енергетичний потенціал джерел енергії в Україні.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Роль енергії в житті людини.</p>	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	Базова: 1, 3; Інформаційні ресурси: 1, 2	2 тижні
3, 4	<p>Тема 2. Енергія вітру.</p> <p>Історія розвитку вітроенергетики. Особливості розвитку світової вітроенергетики. Вітроенергетика України. Нові можливості вітроенергетики. Методи та засоби перетворення вітрової енергії.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Принципові схеми установок для використання вітрового потенціалу.</p>	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	Базова: 1–3; Допоміжна: 1	2 тижні
5, 6	<p>Тема 3. Сонячна енергетика.</p> <p>Напрями, стан та перспективи освоєння енергії сонячної радіації. Питомі енергетичні показники сонячної радіації та розподіл енергетичного потенціалу на території Землі та України. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації. Методи отримання електроенергії за рахунок використання сонячних фотоперетворювачів. Основні технічні та економічні показники фотоенергетичного обладнання. Сонячні електростанції. Сонячна теплоенергетика. Класифікація, принцип дії та області застосування сонячних колекторів. Системи гарячого теплопостачання та опалення за рахунок сонячної енергії. Основні технічні та економічні показники обладнання теплової геліоенергетики.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Принципові схеми установок для використання сонячного потенціалу.</p>	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	Базова: 1, 3; Допоміжна: 2	2 тижні
7, 8	<p>Тема 4. Геотермальна енергія.</p> <p>Класифікація геотермальних ресурсів.</p>	Лекції – 2 год, самостійна	Базова: 1, 3	2 тижні

	<p>Основні характеристики та питомі енергетичні показники. Розподіл енергетичного потенціалу геотермальної енергії в Україні. Стан та перспективи освоєння геотермальної енергії. Класифікація та основні характеристики систем видобування геотермальних ресурсів. Основні техніко-економічні та екологічні показники геотермальної енергетики.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Розвиток геотермальної енергетики та технологій.</p>	робота – 7 год		
9, 10	<p>Тема 5. Енергія біомаси.</p> <p>Розподіл біоенергетичного потенціалу на Землі та в Україні. Класифікація джерел біомаси та методів перетворення енергії біомаси. Класифікація продуктів, що можуть бути отримані в результаті переробки відходів біомаси та їх основні енергетичні характеристики. Перспективи розвитку біоенергетики. Вплив розвитку біоенергетики на оточуюче середовище. Основні сучасні технології та обладнання з переробки біомаси, їх технічні та економічні показники. Класифікація методів отримання та використання біогазу. Використання продуктів переробки біомаси як моторного палива. Сучасне обладнання для енергетичного використання відходів біомаси в Україні.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Принципові схеми біогазових установок.</p>	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	Базова: 1, 3; Інформаційні ресурси: 1, 2	2 тижні
11, 12	<p>Тема 6. Енергія водних ресурсів.</p> <p>Енергія рік, морських хвиль, припливів та відпливів. Класифікація, енергетичні показники та перспективи сучасного використання гідроенергії. Розподіл енергетичного гідропотенціалу в світі та в Україні. Традиції використання енергії малих водотоків в Україні. Сучасні методи, технології та обладнання малої гідроенергетики. Основні техніко-економічні та екологічні показники галузі малої гідроенергетики. Стан та перспективи подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Гідротаранний пристрій.</p>	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	Базова: 1, 3	2 тижні
13, 14	<p>Тема 7. Енергетичні ресурси, основні напрями освоєння енергії довкілля.</p> <p>Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод. Теплова енергія комунально-побутових стоків. Напрями та стан використання енергії довкілля. Енергетичні ресурси довкілля України. Ефективність та</p>	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	Базова: 1, 3; Інформаційні ресурси: 1, 2	2 тижні

	<p>перспективи використання теплових насосів для утилізації енергії довкілля в Україні. Методи та засоби освоєння енергії довкілля. Основні техніко-економічні показники теплових насосів та області їх застосування. Конструкції теплових насосів і напрями використання теплових насосів. Рівень ефективності та перспективи використання теплових насосів для утилізації енергії довкілля в Україні.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Позабалансові та вторинні джерела енергії.</p>			
15, 16	<p>Тема 8. Системи акумулювання енергії відновлюваних джерел.</p> <p>Методи підвищення ефективності застосування відновлюваних джерел енергії. Системи акумулювання енергії відновлюваних джерел. Класифікація акумуляторів енергії. Електрохімічні, теплові, інерційні акумулятори.</p> <p>С. Р. Вивчення матеріалу лекції. Поняття та фізична суть когенерації.</p>	<p>Лекції – 2 год, самостійна робота – 8 год</p>	<p>Базова: 1, 3; Інформацій- ні ресурси: 1, 2</p>	2 тижні

Теми лабораторних робіт

Тиждень	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1, 2	Розрахунок кінетичної енергії вітрового потоку.	лабораторна робота – 4 год	2 тижні
3	Розрахунок експлуатаційних витрат вітро дизельної установки.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
4	Дослідження гідрофобних властивостей захисного скла сонячної панелі.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
5, 6	Дослідження оптичних властивостей захисного скла сонячної панелі.	лабораторна робота – 4 год	2 тижні
7	Дослідження ефективності концентрації сонячної енергії за допомогою параболічного концентратора.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
8, 9	Будова і функціонування геліосистем. Розрахунок характеристик і параметрів геліосистем.	лабораторна робота – 4 год	2 тижні
10	Розрахунок характеристик і параметрів біогазогенераторів.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
11	Приливні електростанції, малі ГЕС: принцип роботи і розрахунок їхніх параметрів.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
12	Дослідження робочих параметрів нікель-кадмієвих лужних акумуляторних батарей в режимі розрядження.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
13	Дослідження робочих параметрів металогідридних лужних акумуляторних батарей.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
14	Дослідження робочих параметрів свинцево-кислотних акумуляторних батарей в режимі розрядження.	лабораторна робота – 2 год	1 тиждень
15, 16	Дослідження електричних параметрів первинних літєвих елементів.	лабораторна робота – 4 год	2 тижні