

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

Затверджено

на засіданні кафедри загальної фізики
фізичного факультету Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28.08.2024 р.)

Завідувач кафедри  Василь СТАДНИК

Силабус
з навчальної дисципліни «Сенсори та перетворювачі фізичних величин»,
що викладається в межах
ОПІ «Нанофізика та наноматеріали»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2024

Назва курсу	Сенсори та перетворювачі фізичних величин
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 19, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра загальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки / 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н. Демків Тарас Михайлович доцент кафедри загальної фізики, к.ф.-м.н. Щепанський Павло Андрійович
Контактна інформація викладачів	taras.demkiv@lnu.edu.ua , tmdemkiv@gmail.com https://physics.lnu.edu.ua/employee/demkiv-t-m pavlo.shchepanskyi@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/schepankyj-p-a
Консультації з дисципліни відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Можливі також он-лайн консультації через електронну пошту та на платформі Microsoft Teams.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/sensory-ta-peretvoryuvachi-fizychnyh-velychn-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-nanofizyka-ta-nanomaterialy
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Сенсори та перетворювачі фізичних величин” є нормативною дисципліною зі спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали для ОПП «Нанофізика та наноматеріали». Її викладають у 7 семестрі в обсязі 3 кредитів(за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна присвячена основним характеристикам, типам, принципам дії та схемам реалізації сенсорів і перетворювачів фізичних величин. Процес вимірювання з метою експертної оцінки середовища, явища чи процесу передбачає встановлення його якісних та кількісних характеристик. Кількісні характеристики отримують з використанням сенсорів і перетворювачів фізичних величин.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни “Сенсори та перетворювачі фізичних величин” є: опанування найпоширеніших засобів вимірювання і схем контролю на основі різних фізичних принципів, навчити студентів застосовувати на практиці набуті на фундаментальних курсах знання: розуміти фізичні принципи роботи сенсорів та роботу схем керування ними, забезпечити отриманні практичних навиків роботи з вимірювальною апаратурою, навчити інтерпретувати отримані експериментальні та теоретично розраховані результати. .
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. Вимірювальні перетворювачі (сенсори) : підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук ; ред.: Є. С. Поліщук, В. М. Ванько ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів, 2015. — 580 с. 2. Давачі : навч. посіб. / М. В. Бурштинський, М. В. Хай, Б. М. Харчишин ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — 2-ге вид., доповн. — Львів : ТзОВ «Простір М», 2014. — 198, 3. Готра З.Ю. и др. Елементи теорії мікроелектронних сенсорів / Під ред. З.Ю.Готри. – 2001. –К.: Львів, – 631 с.

	<p>4. Савчин В.П. Напівпровідникова фотоелектроніка / В.П.Савчин, І.І.Іжнін, М.М.Ваків. – 2010ю – ЛьвівЖЛНУ імені Івана Франка. – 728 с.</p> <p>5. Encyclopedia of Electronic Components Volume 3: Sensors for Location, Presence, Proximity, Orientation, Oscillation, Force, Load, Human Input, Liquid ... Light, Heat, Sound, and Electricity Paperback – 2016. – 258 p.</p> <p>Допоміжна:</p> <p>6. Mitsubayashi K. Chemical, Gas, and Biosensors for Internet of Things and Related Applications 1st Edition / K. Mitsubayashi, O. Niwa, Y. Ueno. – 2019.– Elsevir. – 306 p.</p> <p>7. Датчики / Під. ред. З.Ю.Готри, О.И.Чайковського – 1995. –Львів: Каме- няр. –312 с.</p> <p>Інформаційні ресурси</p> <p>1. Wikipedia. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA.</p> <p>2. https://www.electronicshub.org/different-types-sensors.</p>
Тривалість дисципліни	один семестр
Обсяг дисципліни	90 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 16 год лекцій, 32 год. лабораторних занять та 42 год. самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення цього курсу здобувач має оволодіти такими компетентностями:</p> <p>Загальні компетентності (ЗК):</p> <p>ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК 3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК 5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>ЗК 6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p>ЗК 10. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності (СК):</p> <p>СК 2. 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 3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.</p> <p>СК 4. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.</p> <p>СК 5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.</p> <p>СК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.</p> <p>СК 9. Здатність виконувати експериментальні та теоретичні дослідження автономно та у складі колективу виконавців.</p> <p>СК 10. Здатність досліджувати та визначати проблему, ідентифікувати обмеження, зокрема ті, що пов'язані з проблемами сталого розвитку, безпеки та оцінками ризиків при використанні наноматеріалів.</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 04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.</p> <p>ПРН 05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.</p> <p>ПРН 07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково технічну інформацію в галузі прикладної фізики.</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 13. Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проектів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проектів.</p> <p>ПРН 15. Вміти планувати і виконувати лабораторні та експериментальні дослідження за допомогою вимірювальних приладів, оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.</p> <p>ПРН 16. Дотримуватись морально-етичних аспектів досліджень, інтелектуальної та академічної чесності, професійного кодексу поведінки.</p>
Ключові слова	сенсори, датчики, діаграми впливу, функція перетворення, імпульсна характеристика, перехідна характеристика
Формат дисципліни	очний
Теми	Наведено у табл. 1
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із вищої та дискретної математики, загальних курсів з фізики, фізики напівпровідників, базових знань з програмування.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використовуються такі методи навчання: а) словесні – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт; б) наочні – ілюстрування лекційного матеріалу презентаціями, що включають в себе таблиці, схеми, формули та графіки; в) лабораторні – виконання лабораторних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових тверджень та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об'єктів.
Необхідне обладнання	персональні комп'ютери, загальнонавчальні комп'ютерні програми і операційні системи, проектор, універсальні монтажні плати, цифрові мультиметри та осцилографи, ФЕУ, частотомір ЧЗ-54, генератор імпульсів Г5-56, перетворювач напруги, осцилограф двохканальний С1-93, стабілізатор напруги П4105, джерело сталого струму ВПП-010, мікроамперметр Ф195
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • робота на лабораторних заняттях під час семестру – 90 % сумарної оцінки. Максимальна кількість балів 90: • максимальна оцінка для лабораторних робіт № 1–4, 6-7 – 10 балів, градація оцінювання відповідно до такої шкали: • виконання лабораторної роботи – 3 бали;

- правильне оформлення звіту – 2 бали;
- захист лабораторної роботи – 5 балів з наступною градацією:
 - 5 – студент повністю володіє матеріалом;
 - 4 – студент добре володіє матеріалом, є незначні помилки;
 - 1-3 – студент частково володіє матеріалом;
 - 0 – студент не володіє матеріалом;
- максимальна оцінка для лабораторної роботи № 5 – 15 балів:
 - виконання лабораторної роботи – 5 балів,
 - правильне оформлення звіту – 2 бали,
- лабораторної роботи № 8 – максимальна оцінка – 5 балів:
 - виконання лабораторної роботи – 1 бал,
 - правильне оформлення звіту – 1 бал,
- робота на лекціях (тестове опитування лекційного матеріалу по 2-х змістових модулях в кінці семестру) – 10 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 10.
- Всі тестові запитання мають однакову вагу. Сумарна кількість балів за пройдений тест прямопропорційна до числа правильних відповідей.

Невиконана студентом лабораторна робота оцінюється в 0 балів.
Підсумкова максимальна кількість балів – 100.

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. 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 дисципліною.

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.

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 та ін.

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.

Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.

Питання до модульних контролів (замірів

1. Параметри вхідних та вихідних сигналів вимірювальних перетворювачів.
2. Вимірювальний перетворювач і сенсор. Функція перетворення.
3. Статичні характеристики сенсорів.

знань)

4. Динамічні характеристики сенсорів.
5. Типові види вхідних сигналів. Імпульсна характеристика.
6. Класифікація вимірювальних перетворювачів за родом вхідної та вихідної величини.
7. Класифікація вимірювальних перетворювачів за фізичним принципом дії.
8. Резистивні датчики (матеріали, характеристики).
9. Дротові тензорезистори (матеріали, характеристики, схеми з'єднання).
10. Напівпровідникові тензоперетворювачі (матеріали, характеристики, схеми з'єднання).
11. Фоторезистори. Принцип дії. Основні параметри фоторезисторів.
12. Фоторезистори. Основні характеристики (люус-амперна, вольт-амперна, частотна).
13. Фоторезистори. Схеми включення. Переваги та недоліки фоторезисторів.
14. Фотодіоди. Поділ за принципом дії. Будова.
15. Фотодіоди. Характеристики. Схеми з'єднання.
16. Лавинний фотодіод (принцип дії, характеристики).
17. Фототранзистори (будова, характеристики, схеми з'єднання).
18. Термоелектричні перетворювачі. Принцип дії. Емпіричні правила залежності електрорушійної сили від температури.
19. Термопари (принцип дії, матеріали, характеристики).
20. Ємнісні перетворювачі. Типи. Методи вимірювання.
21. Ємнісні перетворювачі. Вимірювачі тиску (будова, принцип дії, застосування).
22. Ємнісні перетворювачі. Вимірювачі рівня (будова, принцип дії, застосування).
23. Ефекти, на яких працюють гальваномігнітні перетворювачі.
24. Перетворювачі Холла. Параметри. Чутливість. Застосування.
25. Магніторезистори. Принцип дії. Характеристики. Застосування.
26. Магнітодіоди Будова. Матеріали. Параметри. Застосування.
27. П'єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії. Коефіцієнт електромеханічного зв'язку.
28. П'єзоелектричні перетворювачі. Кварц. Характеристики. Застосування.
29. П'єзоелектричні перетворювачі. П'єзокераміка. Матеріали. Характеристики.
30. П'єзоелектродинамометри. Вимірювання нормальних, тангенціальних сил, обертового механічного моменту.
31. П'єзоелектродинамометри. Еквівалентна схема. Можливість використання п'єзоелектродинамометрів для повільних процесів.
32. Акселерометри. Характеристики. Типи.
33. Електромеханічний акселерометр.
34. Газові акселерометри.
35. Електромеханічний акселерометр.
36. П'єзоелектричний акселерометр.
37. Ємнісні акселерометри.
38. П'єзорезистивні акселерометри.
39. Оптичні волокна. Оптоволоконний датчик деформації.
40. Електрооптичні датчики. Будова. Принцип дії. Використання.
41. Магнітооптичні датчики.
42. Сенсори на основі вимірювання інтенсивності світла.
43. Сенсори на основі поглинання світла напівпровідником. Будова. Принцип дії.
44. Крокові двигуни. Типи. Переваги та недоліки.
45. Крокові двигуни зі змінним магнітним опором.
46. Крокові двигуни з постійними магнітами. Принцип дії. Переваги та недоліки.
47. Гібридний кроковий двигун. Принцип дії. Переваги та недоліки.
48. Уні-, біполярні крокові двигуни. Схеми з'єднання обмоток.

	49. Мікрокроковий режим крокового двигуна. Переваги та недоліки. 50. Фотоелектронні помножувачі (будова, принцип дії). Режим ліку фотонів. 51. Позиційно чутливі приймачі випромінювання (будова, принцип дії).
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів»

Тиж-день	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1-2	Вступ. Основні відомості про перетворювачі фізичних величин	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 7 год.	Б: 1,2 Д: 2	4 тижні
3	Термоелектричні та ємнісні перетворювачі	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 4 год.	Б: 1,2 Д: 7	2 тиж-день
4	Гальваноманітні перетворювачі.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 4 год.	Б: 2,3,4 Д: 7	2 тиж-день
5	Фотоелектричні приймачі та перетворювачі оптичних сигналів.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 14 год, самостійна робота – 11 год.	Б: 1,2,3 Д: 77	2 тижні
6,7	П'єзоелектричні, електро- і магнітооптичні сенсори. Акселерометри	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 5 год.	Б: 1,2,3	4 тижні
9	Мехатроніка в фізичних пристроях	Лекції – 1 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 7 год.	Б: 2,3,4,5 Д: 6,7	2 тиж-день
10	Тенденції розвитку мікроелектронних пристроїв перетворення інформації	Лекції – 1 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 4 год.	Б:5 Д: 6	2 тиж-день