

**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 30.08.2022 р.)

Завідувач кафедри



проф. Стадник В.Й.

**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 2022**

<b>Назва дисципліни</b>	Сенсори та перетворювачі фізичних величин
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Драгоманова, 19, 79005, м. Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	фізичний факультет, кафедра загальної фізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
<b>Викладач дисципліни</b>	Лектор: Щепанський Павло Андрійович, доцент кафедри загальної фізики, к.ф.-м.н.; лабораторні заняття проводить: Щепанський П.А.
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:pavlo.shchepanskyi@lnu.edu.ua">pavlo.shchepanskyi@lnu.edu.ua</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/schepanskyj-p-a">https://physics.lnu.edu.ua/employee/schepanskyj-p-a</a>
<b>Консультації з дисципліни відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Zoom.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/sensory-ta-peretvoryuvachi-fizychnyh-velychn-prykladna-fizyka">https://physics.lnu.edu.ua/course/sensory-ta-peretvoryuvachi-fizychnyh-velychn-prykladna-fizyka</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Сенсори та перетворювачі фізичних величин» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається в VII семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс присвячено 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. Програма навчальної дисципліни складається з двох змістових модулів: 1. Перетворювачі фізичних величин. 2. Електроніка і перетворювачі фізичних величин.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою і завданням навчальної дисципліни «Сенсори та перетворювачі фізичних величин» є: ознайомити студентів з найпоширенішими засобами вимірювання і схемами 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 практичні навички роботи з вимірювальною апаратурою, навчити інтерпретувати отримані експериментальні та теоретично розраховані результати.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова:</b> 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., до-повн. – Львів : ТЗОВ «Простір М», – 2014. – 198 с. Готра З.Ю. и др. Елементи теорії мікроелектронних сенсорів / Під ред. З.Ю.Готри. – 2001. – К.: Львів, – 631 с.

	<p>3. Савчин В.П. Напівпровідникова фотоелектроніка / В.П.Савчин, І.І.Іжнін, М.М.Ваків. – 2010ю – ЛьвівЖЛНУ імені Івана Франка. – 728 с.</p> <p>4. 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><b>Допоміжна:</b></p> <p>1. 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>2. Датчики / Під. ред. З.Ю. Готри, О.І. Чайковського – 1995. – Львів: Каменяр. – 312 с.</p> <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</p> <p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <p>1. <a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA">https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA</a></p> <p>2. <a href="https://www.electronicshub.org/different-types-sensors">https://www.electronicshub.org/different-types-sensors</a></p>
<b>Тривалість дисципліни</b>	один семестр
<b>Обсяг дисципліни</b>	90 год, з яких 32 год аудиторних занять, з них 16 год лекцій, 16 год. лабораторних занять та 58 год. самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	В результаті вивчення даного курсу студенти повинні - <b>знати</b> основні типи сенсорів; закони, явища, на яких ґрунтується робота сенсорів; схеми з'єднання та керування перетворювачів сигналу; - <b>вміти</b> застосовувати здобуті знання на практиці, зокрема при розгляді принципу роботи сенсорів; уявляти принципи дії та область застосування вимірювальних перетворювачів фізичних величин на сенсорів на їх основі; розуміти схеми з'єднання та керування вимірювальними перетворювачами.
<b>Ключові слова</b>	сенсори, датчики, діаграми впливу, функція перетворення, імпульсна характеристика, перехідна характеристика
<b>Формат дисципліни</b>	Очний
<b>Теми</b>	Наведено у таблиці 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із вищої та дискретної математики, загальних курсів з фізики, базових знань з програмування та чисельних методів.
<b>Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання дисципліни</b>	лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, дискусія
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальнонавчівані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • лабораторні заняття: 90% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 90 • контрольні заміри (модуль) 10% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 10. Підсумкова максимальна кількість балів 100.

	<p><b>Академічна доброчесність</b> 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.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні 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 курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю література, 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на практичних 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; несвочасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Параметри вхідних та вихідних сигналів вимірювальних перетворювачів.</li> <li>2. Вимірювальний перетворювач і сенсор. Функція перетворення.</li> <li>3. Статичні характеристики сенсорів.</li> <li>4. Динамічні характеристики сенсорів.</li> <li>5. Типові види вхідних сигналів. Імпульсна характеристика.</li> <li>6. Класифікація вимірювальних перетворювачів за родом вхідної та вихідної величини.</li> <li>7. Класифікація вимірювальних перетворювачів за фізичним принципом дії.</li> <li>8. Резистивні датчики (матеріали, характеристики).</li> <li>9. Дротові тензорезистори (матеріали, характеристики, схеми з'єднання).</li> <li>10. Напівпровідникові тензоперетворювачі (матеріали, характеристики, схеми з'єднання).</li> <li>11. Фоторезистори. Принцип дії. Основні параметри фоторезисторів.</li> <li>12. Фоторезистори. Основні характеристики (люкс-амперна, вольт-амперна, частотна).</li> <li>13. Фоторезистори. Схеми включення. Переваги та недоліки фоторезисторів.</li> <li>14. Фотодіоди. Поділ за принципом дії. Будова.</li> <li>15. Фотодіоди. Характеристики. Схеми з'єднання.</li> <li>16. Лавинний фотодіод (принцип дії, характеристики).</li> <li>17. Фототранзистори (будова, характеристики, схеми з'єднання).</li> <li>18. Термоелектричні перетворювачі. Принцип дії. Емпіричні правила залежності електрорушійної сили від температури.</li> <li>19. Термопари (принцип дії, матеріали, характеристики).</li> <li>20. Ємнісні перетворювачі. Типи. Методи вимірювання.</li> <li>21. Ємнісні перетворювачі. Вимірювачі тиску (будова, принцип дії, застосування).</li> </ol>

	<p>22. Ефекти, на яких працюють гальваномагнітні перетворювачі.</p> <p>23. Перетворювачі Холла. Параметри. Чутливість. Застосування.</p> <p>24. Магніторезисори. Принцип дії. Характеристики. Застосування.</p> <p>25. Магнітодіоди Будова. Матеріали. Параметри. Застосування.</p> <p>26. П'єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії. Коефіцієнт електромеханічного зв'язку.</p> <p>27. П'єзоелектричні перетворювачі. Кварц. Характеристики. Застосування.</p> <p>28. П'єзоелектричні перетворювачі. П'єзокераміка. Матеріали. Характеристики.</p> <p>29. П'єзоелектродинамометри. Вимірювання нормальних, тангенціальних сил, обертового механічного моменту.</p> <p>30. П'єзоелектродинамометри. Еквівалентна схема. Можливість використання п'єзоелектродинамометрів для повільних процесів.</p> <p>31. Акселерометри. Характеристики. Типи.</p> <p>32. Електромеханічний акселерометр.</p> <p>33. Газові акселерометри.</p> <p>34. Електромеханічний акселерометр.</p> <p>35. П'єзоелектричний акселерометр.</p> <p>36. Ємнісні акселерометри.</p> <p>37. П'єзорезистивні акселерометри.</p> <p>38. Оптичні волокна. Оптоволоконний датчик деформації.</p> <p>39. Електрооптичні датчики. Будова. Принцип дії. Використання.</p> <p>40. Магнітооптичні датчики.</p> <p>41. Сенсори на основі вимірювання інтенсивності світла.</p> <p>42. Сенсори на основі поглинання світла напівпровідником. Будова. Принцип дії.</p> <p>43. Крокові двигуни. Типи. Переваги та недоліки.</p> <p>44. Крокові двигуни зі змінним магнітним опором.</p> <p>45. Крокові двигуни з постійними магнітами. Принцип дії. Переваги та недоліки.</p> <p>46. Гібридний кроковий двигун. Принцип дії. Переваги та недоліки.</p> <p>47. Уні-, біполярні крокові двигуни. Схеми з'єднання обмоток.</p> <p>48. Мікрокроковий режим крокового двигуна. Переваги та недоліки.</p> <p>49. Фотоелектронні помножувачі (будова, принцип дії). Режим ліку фотонів.</p> <p>50. Позиційно чутливі приймачі випромінювання (будова, принцип дії).</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

## Схема курсу «Сенсори та перетворювачі фізичних величин»

Тижні	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1-4	Тема 1. Вступ. Основні відомості про перетворювачі фізичних величин.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год.	4 тижні
5,6	Тема 2. Термоелектричні та ємнісні перетворювачі.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год.	2 тижні
7,8	Тема 3. Гальваномагнітні перетворювачі.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год.	2 тижні
9,10	Тема 4. Фотоелектричні приймачі та перетворювачі оптичних сигналів.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 12 год.	2 тижні
11,12	Тема 5. П'єзоелектричні, електро- і магнітооптичні сенсори. Акселерометри.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год.	2 тижні
13,14	Тема 6. Мехатроніка в фізичних пристроях.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год.	2 тижні
15,16	Тема 7. Тенденції розвитку мікроелектронних пристроїв перетворення інформації.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год.	2 тижні