

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій

Затверджено

на засіданні кафедри оптоелектроніки та
інформаційних технологій
факультету електроніки та комп'ютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол №8 від 20 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри _____  Олег КУШНІР

Силабус з навчальної дисципліни
«Оптоелектроніка»,
що викладається в межах ОПП «Електроніка та
комп'ютерні системи»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності
171 «Електроніка»

Львів 2024

Назва дисципліни	Оптоелектроніка
Адреса викладання дисципліни	Корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка м. Львів, вул. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	17 Електроніка та телекомунікації 171 Електроніка
Викладачі дисципліни	Корчак Юрій Михайлович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент
Контактна інформація викладачів	yuriy.korchak@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/korchak-yu-m
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 130, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. Тарнавського, 107. Також можливі онлайн-консультації через MS Teams або Telegram. Для погодження часу онлайн-консультацій слід писати на електронну пошту викладача або на Telegram.
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/optoelektronika-171-eks/ https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Оптоелектроніка» є нормативною дисципліною зі спеціальності 171 Електроніка для освітньої програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається в 6 семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб ознайомити студента з принципами, методикою та апаратурою сучасної оптоелектроніки, а також з основними прийомами дослідження відповідних явищ. У курсі висвітлено основні віхи історії розвитку оптоелектроніки, основні оптичні явища, оптоелектронні прилади і системи та методи їхнього практичного використання. Розглядаються також системи технічного зору та базові принципи цифрової оптичної обробки інформації.
Мета та цілі дисципліни	<i>Мета:</i> ознайомлення студентів з теоретичними основами оптоелектроніки та оптичної інформатики. <i>Цілі:</i> формування в студентів практичних навичок, які б дали змогу ефективно застосовувати засвоєні знання та методи для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем оптоелектроніки, проведення обчислювальних експериментів з обробкою й аналізом результатів.
Література для вивчення дисципліни	Основна: 1. Корчак Ю. Оптоелектронна інформатика. Том 1. Основні принципи та прилади: навчальний посібник / Ю. Корчак, Ю. Фургала, С. Рихлюк. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 312 с. 2. Корчак Ю. М. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу «Оптоелектроніка» / Ю. М. Корчак, Ю. М. Фургала. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. – 95 с. 3. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2 кн. / В. О. Чадюк. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 1. – 376 с. 4. Lappin R. Handbook of Optoelectronics / R. Lappin. – Larsen and Keller Education, 2023. – 253 p.

	<p>5. Barua P. Optoelectronics: Basics and Applications / P. Barua. – Kindle Edition, 2023. – 98 p.</p> <p>6. Черняков Е. І. Оптоелектроніка. Частина 2. Прилади та пристрої / Е. І. Черняков, Ю. П. Мачехін, М. П. Кухтін, С. М. Кухтін. – Х.: ХНУРЕ, 2016. – 292 с.</p> <p>7. Dakin J. P. Handbook of Optoelectronics. Second edition. Volume 1. Concepts, Devices and Techniques / Edited by J. P. Dakin, R. G. W. Brown. – CRC Press, 2018. – 859 p.</p> <p>8. Dakin J. P. Handbook of Optoelectronics. Second edition. Volume 2. Enabling Technologies / Edited by J. P. Dakin, R. G. W. Brown. – CRC Press, 2018. – 718 p.</p> <p>9. Dakin J. P. Handbook of Optoelectronics. Second edition. Volume 3. Applied Optical Electronics / Edited by J. P. Dakin, R. G. W. Brown. – CRC Press, 2018. – 445 p.</p> <p style="text-align: center;">Додаткова:</p> <p>10. Luther Z. Optoelectronics: Principles and Practices / Z. Luther. – Murphy & Moore Publishing, 2022. – 247 p.</p> <p>11. Naito H. Organic Semiconductors for Optoelectronics / H. Naito. – Wiley, 2021. – 384 p.</p> <p>12. Корчак Ю. Світловипромінюючі діоди: історія створення, сьогодення та перспективи / Ю. Корчак, Ю. Фургала, Н. Корчак // Електроніка та інформаційні технології. – 2021. – В. 15. – с. 124-143.</p> <p>13. Zimmermann H. Ultra-Sensitive PIN and Avalanche Photodiodes Receivers / H. Zimmermann. – Bristol: IOP Publishing, 2023. – 228 p.</p> <p>14. Schubert E. Fred. Light-Emitting Diodes. 3rd Edition / E. Fred Schubert. – New York: Rensselaer Polytechnic Institute Troy, 2018. – 672 p.</p> <p>15. Maity A. B. Optoelectronics and Optical Fiber Sensors / A. B. Maity. – PHI Learning, 2013. – 280 p.</p> <p>16. Nisoli M. Semiconductor Laser Photonics / M. Nisoli. – Cambridge University Press, 2022. – 350 p.</p>
Обсяг курсу	Аудиторні години – 64, з них лекції – 32 години, лабораторні роботи – 32 години і 41 година самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде <i>знати</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> - експериментальні схеми для вивчення та застосування інтерференції, дифракції, поляризації та поглинання світла, голограм, оптоволокон, цифрових фотокамер, компонентів дисплеїв тощо; - основні експериментальні закономірності технічної оптики і оптоелектроніки; - теоретичні моделі та схеми, що пояснюють експериментальний матеріал; - проблеми і перспективи оптичної та оптоелектронної інформатики; - способи практичного застосування вивчених явищ. <p><i>вміти</i> (фахові компетентності ФК):</p> <ul style="list-style-type: none"> - використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки (ФК1); - інтегрувати знання фундаментальних розділів фізики та хімії для розуміння процесів твердо тільної, функціональної та енергетичної електроніки, електротехніки (ФК3); - ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень (ФК6);

	<ul style="list-style-type: none"> - вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем (ФК8); - контролювати і діагностувати стан обладнання, застосовувати сучасні електронні компоненти та технічні засоби, виконувати профілактику, ремонт та монтувати, налагоджувати та ремонтувати аналогові, цифрові та оптичні модулі, розробляти та виготовляти друковані плати, розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів (ФК11). - Здатність інтегрувати знання з фізичних засад електроніки, програмування, моделювання, схемотехніки, автоматизації та тестування компонент і пристроїв сучасної електроніки для розуміння основ функціонування електронних та комп'ютерних систем різного призначення (ФК12). <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких <i>загальних компетентностей</i> (ЗК) і <i>програмних результатів</i> (ПР):</p> <p>ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>ЗК12. Визначеність та наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.</p> <p>ПР1. Описувати принципи дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.</p> <p>ПР4. Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.</p> <p>ПР6. Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.</p> <p>ПР17. Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.</p> <p>ПР19. Застосовувати навички проектування, програмування та тестування компонент та пристроїв сучасної електроніки для розробки та налагодження електронних та комп'ютерних систем різного призначення.</p>
Ключові слова	Світлодіод, лазерний діод, фоторезистор, фотодіод, фототранзистор, фототиристор, оптопара, прилад із зарядовим зв'язком, КМОН-фотоприймач, рідкокристалічний дисплей, оптичне волокно, ЕО модулятор, система технічного зору, оптоелектронний сенсор.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для поглибленого розуміння тем
Теми	Див. Схема курсу

Підсумковий контроль, форма	Екзамен наприкінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Напівпровідникова електроніка», «Технічна електродинаміка», «Аналогова та цифрова схемотехніка».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекції, презентації, лабораторні роботи, написання рефератів, виконання індивідуальних завдань, робота у групі, командна робота, обговорення, консультації для поглибленого розуміння тем, бесіда, ілюстрація, демонстрація), евристичні методи (проблемна лекція), інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	<p>Для проведення лекційних занять:</p> <ul style="list-style-type: none"> • монітор TFT 23"; • системний блок (процесор Intel i5-6500, 8GB оперативної пам'яті, HDD 256GB) ; • мультимедійне обладнання (проектор, проекційний екран, дошка настінна); • комутатор мережевий для доступу до мережі Internet. <p>Для проведення лабораторних занять:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторія з 6-7 робочими місцями та з експериментальними макетами для дослідження оптоелектронних явищ і вимірювання характеристик оптоелектронних пристроїв; • монітори TFT 23"; • системні блоки (процесор Intel i5-6500, 8GB оперативної пам'яті, HDD 256GB); • комутатор мережевий для доступу до мережі Internet (платформи Microsoft Teams, Moodle, Zoom). <p>Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Ubuntu 16 LTS, Microsoft Office 365, .NET, Python 3, JDK.</p>
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"> • Змістовий модуль 1: до 9 балів за виконання письмового (або онлайн на платформі Moodle) модульного контролю – відповіді на білет із 18 питань за тематикою з переліку для ЗМ1. • Змістовий модуль 2: до 9 балів за виконання письмового (або онлайн на платформі Moodle) модульного контролю – відповіді на білет із 18 питань за тематикою з переліку для ЗМ2. • Виконання лабораторних робіт: до 32 балів. • Екзамен: до 50 балів – відповіді на питання екзаменаційного білету із переліку питань, які виносяться на екзамен. . <p>Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p> <p>Змістовий модуль – підсумкове контрольне тестування може проводитися у двох формах: або у вигляді онлайн-тестування на платформі Moodle, або у вигляді письмового опитування очно. В обох випадках час для надання відповідей студентами обмежується однією годиною. Контрольний замір містить 18 питань. Теми для змістових модулів див. у розділі Питання до модульного контролю.</p> <p>Екзамен – підсумкове усне (очне) опитування за усім матеріалом навчальної дисципліни. Студент відповідає на три питання в білеті та одне додаткове питання. Питання для екзамену див. у розділі Питання до</p>

екзамену.

Академічна доброчесність: Очікується, що студенти будуть відповідати на питання самостійно, використовуючи знання отримані під час відповідних лекційних та лабораторних занять. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності є підставою для незарахування викладачем відповідей на питання контрольного заміру, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів, визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані при поточному контролі, бали за виконання лабораторних робіт та бали, набрані при підсумковому контролі у формі екзамену. 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 з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Оцінювання лабораторних робіт (8 лабораторних робіт по (0-4 бали), максимальна кількість балів: 32) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в аудиторії та захисту звіту по виконаній лабораторній роботі..

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за таким співвідношенням:

4 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, отримав достовірні експериментальні результати, якісно оформив звіт за лабораторну роботу із відповідними графіками та розрахунками, надає правильні відповіді на запитання по темі;

3 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи отримання експериментальних результатів, наявні незначні похибки в отриманих розрахунках та результатах, оформлений звіт має несуттєві недоліки, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі;

2 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та процедуру отримання експериментальних результатів, у звіті відсутні важливі графіки та є помилки в розрахунках, студент вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі;

1 – студент погано розуміє розглянутий матеріал, звіт є неповний (відсутнє виконання певних завдань за темою), недостатньо обґрунтовано висновок, на питання по темі студент не відповідає правильно;

0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал та не оформив звіт

	<p>за лабораторну роботу.</p> <p>Оцінювання змістових модулів (2 змістових модулів, 9 балів за кожний – 18 питань по (0-0,5 бали)) — за результатами складених студентом контрольних замірів.</p> <p>Бали оцінювання відповідей на питання змістових модулів нараховуються за таким співвідношенням: 0,5 – надана правильна відповідь на поставлене питання; 0 – відповідь відсутня або не відповідає змісту поставленого питання.</p> <p>Оцінювання відповідей на екзамені (3 питання по (0-15 балів), 1 додаткове питання (0-5 балів)) — за результатами відповідей студентом на екзамені.</p> <p>Бали оцінювання відповідей на питання екзамену нараховуються за таким співвідношенням: 13-15 (5) – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом за поставленим питанням, має повне його розуміння, надає правильну та обґрунтовану відповідь; 10-12 (4) – студент достатньо розуміє матеріал за поставленим питанням, присутні неточності та незначні помилки у відповіді; 7-9 (3) – студент не досить добре розуміє матеріал за поставленим питанням, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді; 4-6 (2) – студент погано розуміє зміст питання, надає переважно неправильну та неповну відповідь; 1-3 (1) - студент зовсім не розбирається у поставленому питанні, надає неправильну та/або не за змістом питання відповідь; 0 (0) – студент або недопущений до складання екзамену, або відмовляється відповідати на питання білета.</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти: Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p> <p>Допускається отримання додаткових балів за виконання певних завдань для самостійної роботи (розміщені на веб-сторінці курсу в MOODLE https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051) (написання рефератів, опис термінів із галузі оптоелектроніки для глосарію і т. п.) (0-2 бали). Однак, у цьому випадку додавання цих балів не може зумовити перевищення сумарної 100-бальної оцінки за навчальний курс.</p>
<p>Питання до модульного контролю</p>	<p>Орієнтовні теми змістових модулів: ЗМ1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фізичні принципи роботи елементів оптоелектроніки. 2. Некогерентні напівпровідникові джерела світла (світлодіоди). 3. Когерентні напівпровідникові джерела світла (лазерні діоди). 4. Дискретні напівпровідникові фотоприймачі: фоторезистори, фотодіоди. 5. Дискретні напівпровідникові фотоприймачі: лавинні та гетерострук-

	<p>турні фотодіоди, фототранзистори, фототиристоры.</p> <p>6. Координатні аналогові та багатоелементні приймачі випромінювання: відикони, сканістори, ПЗЗ, КМОН.</p> <p>7. Оптрони, їх переваги як елементів зв'язку.</p> <p>8. Підсилювачі сигналів приймачів оптичного випромінювання.</p> <p style="text-align: center;">ЗМ2</p> <p>9. Фізичні принципи в індикаторній техніці.</p> <p>10. Напівпровідникові, плазмові та рідкокристалічні індикатори.</p> <p>11. Системи технічного зору та їхні апаратні засоби.</p> <p>12. Формування зображень в СТЗ.</p> <p>13. Оптоелектронні системи зв'язку. Оптичне волокно.</p> <p>14. Типи оптичних волокон та їх властивості.</p> <p>15. Електрооптична модуляція світла. Оптоелектронні давачі.</p> <p>16. Елементи інтегральної оптики. Оптоелектронні вичислювальні системи.</p> <p>Перелік питань та завдань (усього 300) для проведення оцінювання знань за підсумками контрольних модульних замірів обох змістових модулів розміщений на веб-сторінці курсу в MOODLE https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051 та у відповідній групі на платформі MicrosoftTeams.</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптоелектроніка як галузь науки і техніки. Її складові частини та елементна база. 2. Світлодіоди, конструкція та робота. Переваги гетероструктур для їхньої побудови. 3. Внутрішня і зовнішня квантові ефективності світлодіодів. 4. Особливості напівпровідникових лазерів як джерел світла для ОЕ. Характеристики лазерів: вольт-амперні, ватт-амперні, спектральні та частотні. 5. Фоторезистори як приймачі оптичного випромінювання. Їх характеристики. 6. Режими роботи фотодіодів: фотовольтаїчний і фотодіодний. Вольт-амперна характеристика ФД. 7. <i>p-i-n</i>-фотодіоди, їх особливості. 8. Фотодіоди з бар'єром Шотткі. 9. Гетероструктурні фотодіоди, їх переваги. 10. Лавинні фотодіоди. Коефіцієнт помноження. Ширина смуги пропускання. 11. Шуми фотодіода. Еквівалентна потужність шуму. Виявляюча здатність. 12. Фототранзистори, схеми ввімкнення їх в електричне коло. 13. Особливості роботи та характеристики фототиристорів. 14. Оптопарі, їх переваги як елементів зв'язку. Функція передачі оптопарі. Спектральне узгодження. Розрахунок коефіцієнтів передачі. 15. Принципова схема оптопарі. Можливість реалізації оптопарою математичних операцій. 16. Резисторні оптопарі. 17. Діодні оптопарі. 18. Транзисторні та тиристорні оптопарі. 19. Спеціальні типи оптопар, їх конструкція. Оптопарі з відкритим оптичним та з керованим оптичним каналами. Активні оптопарі. 20. Інтегральне виконання оптопар. 21. Амплітудно-частотна характеристика та її корекція.

22. Джерела шумів фотоприймача і підсилювача. Еквівалентна шумова схема.
23. Відношення сигнал/шум. Квантова межа чутливості фотоприймача.
24. Підсилювач з високим вхідним опором. Ідеальний фотодетектор.
25. Підсилювач з низьким вхідним опором.
26. Координатні аналогові приймачі випромінювання. Відикони.
27. Багатоелементні приймачі випромінювання. Сканістори.
28. Прилади із зарядовим зв'язком. Трифазні та двофазні схеми керування ПЗЗ.
29. Лінійні прилади із зарядовим зв'язком. Особливості конструкції. Світлові та спектральні характеристики. Роздільна здатність ПЗЗ.
30. Особливості конструкції матричних ПЗЗ з покадровим перенесенням.
31. Особливості конструкції матричних ПЗЗ з міжстрічковим перенесенням.
32. Особливості конструкції матричних ПЗЗ з покадрово-стрічковим перенесенням.
33. Фотоприймальні матриці КМОН. Структура комірки чорно-білого фотоприймача КМОН.
34. Фотоприймальні матриці КМОН. Структура комірки кольорового фотоприймача КМОН.
35. Порівняння матричних фотоприймачів ПЗЗ і КМОН.
36. Фізіологічні основи індикаторної техніки. Функція видимості ока. Закон Вебера-Фехнера.
37. Фізіологічні основи індикаторної техніки. Роздільна здатність. Діаграма МКО. Контраст.
38. Системи відображення інформації. Індикатори. Покоління індикаторних приладів.
39. Фізичні принципи побудови індикаторів.
40. Особливості роботи, області застосувань та конструкція напівпровідникових індикаторів.
41. Рідкокристалічні індикатори. Електрооптичні ефекти в рідких кристалах. Будова рідкокристалічних комірок.
42. Дисплеї на основі рідких кристалів. Пасивні і активні матриці. Кольорові зображення на рідкокристалічних дисплеях.
43. Дисплеї IPS та VA. Їх переваги над TFT-екранами.
44. Плазмові індикатори, їх переваги та недоліки.
45. Електролюмінісцентні дисплеї: конструкція, робота, переваги та недоліки.
46. OLED-дисплеї, принципи їх роботи та характеристики.
47. Електрооптична модуляція світла. Поперечна і поздовжня схеми модуляторів. Півхвильова напруга.
48. Системи технічного зору, їх різновиди. Приклади практичного використання СТЗ.
49. Оптичні дискові запам'ятовуючі пристрої.
50. Формування зображень в СТЗ. Перетворення Фур'є і Адамара. Матриці усереднення. Ланцюжкові коди. Сегментація зображень.
51. Методи стиснення інформації: RLE та LZW.
52. Відеосенсори і їх формати. Апаратні засоби СТЗ.
53. Цифрові фото- і відеокамери на основі ПЗЗ, їх характеристики. Формула камери.
54. Оптичне волокно, його структура та характеристики. Загасання сигналу в оптичному волокні.
55. Типи оптичних волокон та їхні властивості. Градієнтні та одно-

	<p>дові волокна.</p> <p>56. Моді оптичних волокон. Міжмодова дисперсія в оптичних волокнах, її складові.</p> <p>57. Оптоелектронна система зв'язку. Пропускна здатність оптичного каналу. Формула Шеннона.</p> <p>58. Волоконно-оптичні лінії зв'язку, їхня класифікація та сучасний стан.</p> <p>59. Часове та спектральне ущільнення каналів у ВОЛЗ.</p> <p>60. Переваги оптичних волокон як структурних елементів сенсорів. Оптоволоконний мікрофон. Волоконно-оптичні гіроскопи.</p> <p>61. Волоконно-оптичний підсилювач, його принципова схема.</p> <p>62. Ербієві волоконно-оптичні підсилювачі, їхні типові робочі характеристики та шуми.</p> <p>63. Оптоелектронні сенсори для реєстрації тиску.</p> <p>64. Оптоелектронні сенсори для реєстрації температури.</p> <p>65. Оптоелектронні сенсори для реєстрації електричних і магнітних полів, струму і напруги.</p> <p>66. Оптоелектронні сенсори для реєстрації лінійних і кутових переміщень.</p> <p>67. Просторово-часові модулятори світла, основні параметри та характеристики.</p> <p>68. Основні схеми запису і відтворення голографічних зображень. Оптична голографічна пам'ять.</p> <p>69. Логічні оптоелектронні інтегральні схеми. Оптичний транзистор.</p> <p>70. Інтегральні випромінюючі та фотоприймальні термінали.</p> <p>71. Аналоговий оптичний (хвильовий) процесор.</p> <p>72. Цифровий оптичний процесор. Межі функціональних можливостей оптоелектронного процесора.</p> <p>73. Лазери на квантових ямах і крапках.</p> <p>74. Основні операції, які можуть бути виконані у квантових нанопроцесорах, способи їхньої реалізації.</p> <p>75. Схема оптоелектронного інтерфейсу. Перспективи створення нейрокомп'ютера.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

**Схема курсу «Оптоелектроніка»
для студентів спеціальності 171 – Електроніка**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття) (лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання *, год.	Термін виконання
1	Вступ. Фізичні принципи роботи елементів оптоелектроніки. Вступне заняття. Академічна доброчесність. Оптоелектроніка як галузь науки і техніки. Виникнення ОЕ. Основні явища та ефекти, які використовуються в оптоелектроніці. Розширення границь ОЕ. Складові частини ОЕ. Елементна база. Темпи розвитку. Вимоги до сучасної ОЕ. Фізичні принципи роботи елементів ОЕ.	Лекція	[1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [10], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
1	Вступне заняття. Техніка безпеки, перевірка обладнання та налаштування програмного забезпечення. Питання організації проведення лабораторних робіт.	Лабораторна робота	Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
2	Некогерентні напівпровідникові джерела світла. Інжекційна люмінесценція. Вимоги до напівпровідників для джерел світла. Світлодіоди (СД) на основі сполук $A^{III}B^V$. Випромінювальні переходи. Довжина хвилі та півширина спектру випромінювання СД. Внутрішня і зовнішня квантові ефективності. Переваги гетероструктур для побудови СД. Конструкції СД різного призначення. Модуляція випромінювання СД високо частотним та імпульсним збудженням. Термічне насичення.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [8], [10], [11], [12], [14], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
2	Лаб. 1. Вимірювання та аналіз основних характеристик джерел світла для оптоелектроніки (I частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
3	Когерентні напівпровідникові джерела світла. Особливості напівпровідникових лазерів (НПЛ) як джерел світла для ОЕ. Умови підсилення. Характеристики лазерів: вольт-амперні, ватт-амперні. Лазерні моди. Спектральні і частотні характеристики. Джерела довгохвильового випромінювання. Надійність СД і НПЛ. Механізми деградації.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [8], [10], [16], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
3	Лаб. 1. Вимірювання та аналіз основних характеристик джерел світла для оптоелектроніки (II частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
4	Дискретні напівпровідникові фотоприймачі: фоторезистори, фотодіоди. Класифікація приймачів оптичного випромінювання. Фоторезистори: плівкові, монокристалічні, леговані. Ефективність напівпровідникових	Лекція	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [13], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня

	фотоприймачів. Поглинання світла різними структурами. Режими роботи фотодіодів (ФД): фотовольтаїчний і фотодіодний. Вольт-амперна характеристика ФД. <i>p-i-n</i> -фотодіоди, їх переваги. ФД з бар'єром Шотткі.				
4	Лаб. 2. Напівпровідникові приймачі оптичного випромінювання (I частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
5	Дискретні напівпровідникові фотоприймачі: лавинні фотодіоди, фототранзистори, фототиристри. Гетероструктурні ФД. Лавинні ФД. Коефіцієнт помноження. Ширина смуги пропускання. Фототранзистори та фототиристри. Схеми ввімкнення фотодіодів та фототранзисторів. Імпульсні та частотні характеристики. Шуми ФД. Еквівалентна потужність шуму. Виявляюча здатність.	Лекція	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [13], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
5	Лаб. 2. Напівпровідникові приймачі оптичного випромінювання (II частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
6	Координатні аналогові та багатоеlementні приймачі випромінювання. Координатні аналогові приймачі випромінювання. Відикони. Сканістри. Багатоеlementні приймачі випромінювання. Прилади із зарядовим зв'язком (ПЗЗ). МДН-конденсатор. Трифазні та двофазні схеми керування ПЗЗ. Лінійні і матричні ПЗЗ. Фотоприймальні матриці КМОН. Структура комірки чорно-білого та кольорового фотоприймача КМОН. Архітектура КМОН. Порівняння матричних фотоприймачів ПЗЗ і КМОН.	Лекція	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [10], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
6	Лаб. 3. Часові характеристики фотоприймачів (I частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
7	Оптрони, їх переваги як елементів зв'язку. Оптимальні оптопари. Оптичне середовище. Функція передачі оптрона. Спектральне узгодження. Розрахунок коефіцієнтів передачі. Класифікація оптронів. Оптронні інтегральні схеми. Спеціальні типи оптронів, їх конструкція. Оптрони з відкритим оптичним та з керованим оптичним каналами. Активні оптрони. Інтегральне виконання оптопари. Області використання оптронів. Проблеми і задачі оптронної техніки.	Лекція	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [10], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
7	Лаб. 3. Часові характеристики фотоприймачів (II частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
8	Підсилювачі сигналів приймачів оптичного випромінювання. Амплітудно-частотна характеристика	Лекція	[4], [5], [6], [8], [10], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня

	та її корекція. Відношення сигнал/шум. Квантова межа чутливості фотоприймача. Джерела шумів фотоприймача і підсилювача. Еквівалентна шумова схема. Підсилювач з високим і низьким вхідним опором. Ідеальний фотодетектор.		rse/view.php?id=6051		тижня
8	Підсумкове заняття ЗМ1.	Лабораторна робота (контрольний модульний замір)	Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
9	Фізичні принципи в індикаторній техніці. Системи відображення інформації. Індикатори. Покоління індикаторних приладів. Фізіологічні основи індикаторної техніки. Функція видимості ока. Закон Вебера-Фехнера. Роздільна здатність. Діаграма МКО. Фізичні принципи роботи індикаторів.	Лекція	[1], [3], [4], [5], [8], [9], [10], [11], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
9	Лаб. 4. Вивчення роботи оптопар.	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
10	Напівпровідникові, плазмові та рідкокристалічні індикатори. Напівпровідникові і плазмові індикатори. Електрооптичні ефекти в рідких кристалах (РК). Будова РК-комірок. Дисплеї на основі РК. Пасивні і активні матриці. Кольорові зображення на РК-дисплеях. Методи отримання високого контрасту і градацій яскравості. Альтернативні технології: емісійні дисплеї, активні електролюмінесцентні дисплеї.	Лекція	[1], [3], [4], [5], [8], [9], [10], [11], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
10	Лаб. 5. Керування роботою приладів із зарядовим зв'язком (I частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
11	Системи технічного зору та їхні апаратні засоби. Системи технічного зору (СТЗ). Сфери використання систем реєстрації і обробки зображень. Відеосенсори та їхні формати. Апаратні засоби СТЗ. Цифрові фото- і відеокамери на основі ПЗЗ, їхні характеристики. Формула камери.	Лекція	[2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [10], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
11	Лаб. 5. Керування роботою приладів із зарядовим зв'язком (II частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
12	Формування зображень в СТЗ. Алгоритми формування зображень. Напівтонові і бінарні зображення. Попередня обробка зображень. Перетворення Фур'є і Адамара. Усереднення зображень. Матриці усереднення. Ланцюжкові коди. Сегментація зображень.	Лекція	[2], [3], [4], [5], [6], [9], [10], [16], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
12	Лаб. 6. Системи вводу і обробки оптичних зображень в ЕОМ.	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня

13	Оптоелектронні системи зв'язку. Оптичне волокно. Пропускна здатність оптичного каналу. Формула Шеннона. Часове об'єднання каналів зв'язку. Структура оптичного волокна (ОВ). Загасання сигналу в ОВ. Числова апертура. Моді волокон. Міжмодова дисперсія.	Лекція	[3], [4], [5], [6], [9], [10], [15], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
13	Лаб. 7. Формування кольорового растрового зображення.	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
14	Типи оптичних волокон та їхні властивості. Градiєнтні волокна. Добуток смуга пропускання×вiддаль. Одномодові волокна. Хроматична дисперсія в одномодовому волокні, матеріальна і хвилеводна складові. Довжина ретрансляційної ділянки. Підсилювачі світла на легованих ОВ. Класифікація волоконно-оптичних ліній зв'язку. Сучасний стан.	Лекція	[3], [4], [5], [6], [9], [10], [15], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
14	Лаб. 8. Електрооптична модуляція світла (I частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
15	Електрооптична модуляція світла. Оптичне давачі. Рівняння оптичної індикатриси в електричному полі. Електрооптичні коефіцієнти. Індуковане двопроренезаломлення. Поперечна і поздовжня схеми модуляторів. Півхвильова напруга. Еквівалентна електрична схема модулятора. ОЕ давачі для реєстрації фізичних величин: тиску, температури, електричного і магнітного полів, струму і напруги, кутових і лінійних переміщень.	Лекція	[2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [10], [15], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
15	Лаб. 8. Електрооптична модуляція світла (II частина).	Лабораторна робота	[1], [2], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
16	Елементи інтегральної оптики. Оптичне вичислювальні системи. Поширення хвиль у хвилеводах. Зв'язок з хвилеводом. Модулятори електрооптичні, магнітооптичні, мультілексори, дефлектори. Логічні оптичні інтегральні схеми. Аналогові оптичні процесори для обробки радіосигналів. Оптична голографічна пам'ять. Оптичні дискові запам'ятовуючі пристрої. Цифрова оптична обробка інформації.	Лекція	[3], [4], [5], [6], [9], [10], [15], [16], Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня
16	Підсумкове заняття ЗМ2.	Лабораторна робота (контрольний модульний замір)	Сайт курсу – https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051	2	кінець поточного тижня

* Типові завдання самостійної роботи містяться на сторінці навчальної дисципліни в MOODLE:
<https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6051>

