

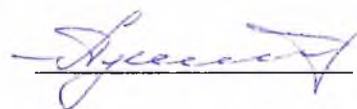
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки**

**Затверджено**

на засіданні кафедри сенсорної та  
напівпровідникової електроніки  
факультету електроніки та  
комп'ютерних технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка

(протокол № 1/24 від 29.08.2024 р.)

Завідувач кафедри



Андрій ЛУЧЕЧКО

**Силабус з навчальної дисципліни**

**“Рідкі кристали в сенсорній електроніці”,**  
**що викладається в межах освітньої програми**  
**“Пристрої та матеріали сенсорної електроніки”**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності**  
**176 Мікро- та наносистемна техніка**

Львів 2024

<b>Назва дисципліни</b>	Рідкі кристали в сенсорній електроніці
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, 176 Мікро- та наносистемна техніка
<b>Викладачі дисципліни</b>	Матвіїшин Ігор Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:igor.matviyishyn@lnu.edu.ua">igor.matviyishyn@lnu.edu.ua</a> Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген.Тарнавського, 107 лаб. 422 <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/matvijishyn-i-m/">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/matvijishyn-i-m/</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	<b>В режимі оф-лайн:</b> згідно розкладу в день проведення лекційних/лабораторних занять (корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107). <b>В режимі он-лайн:</b> на платформі Microsoft Teams (для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача).
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/ridki-krystal-y-v-sensornij-elektronitsi/">https://electronics.lnu.edu.ua/course/ridki-krystal-y-v-sensornij-elektronitsi/</a>  <a href="https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3A6c2a5df06b5e4b16a2a20ee27bc8038c%40thread.tacv2/%D0%A0%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%96%20%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8?groupId=d84b44d0-f437-4ca5-8bcb-881d5e098655&amp;tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf&amp;ngc=true">https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3A6c2a5df06b5e4b16a2a20ee27bc8038c%40thread.tacv2/%D0%A0%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%96%20%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8?groupId=d84b44d0-f437-4ca5-8bcb-881d5e098655&amp;tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf&amp;ngc=true</a>  <a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3361">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3361</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Рідкі кристали в сенсорній електроніці» є нормативною дисципліною зі спеціальності 176 Мікро- та наносистемна техніка для освітньої програми «Пристрої та матеріали сенсорної електроніки», яка викладається в 1

	семестрі в обсязі 6,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою – ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Рідкі кристали в сенсорній електроніці» вивчає сучасний стан і перспективи розвитку рідкокристалічного матеріалознавства, а також використання рідких кристалів як функціональних матеріалів відображення інформації.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою дисципліни є вивчення сучасного стану і перспектив розвитку рідкокристалічного матеріалознавства, а також використання рідких кристалів як функціональних матеріалів відображення інформації.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<p><b>Рекомендована література</b></p> <p><b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буджак Я.С. та ін. Елементи теорії мікроелектронних сенсорів. Під ред. Готри З.Ю.-Львів: Ліга-Прес, 2001.- 636 с.</li> <li>2. Гриценко М.І. Фізика рідких кристалів / М.І. Гриценко. – К.: ВЦ «Академія», 2012. – 272 с.</li> <li>3. Фечан А.В. Елементи оптоелектроніки на основі рідкокристалічних матеріалів / А.В. Фечан. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 216 с.</li> <li>4. Якименко Ю.І., Воронов С.А., Поплавко Ю.М. Фізичне матеріалознавство. Частина 1. Перспективні напрямки матеріалознавства. Навчальний посібник. – Київ. Видавництво національного технічного університету України. 2011. 302 с.</li> <li>5. Khoo I.-Ch. Liquid Crystals 3rd Edition. — Wiley, 2022. — 416 p. — (Wiley Series in Pure and Applied Optics). — ISBN-13 9781119705857</li> <li>6. Pieranski P., Godinho M.H. (Coord.) Liquid Crystals: New Perspectives STE and John Wiley &amp; Sons, 2021. — 363 p. — (Physics of Soft Matter, Lyotropic and Thermotropic Liquid Crystals). — ISBN 978-1-78945-040-8.</li> <li>7. Singh Shri. Handbook of Liquid Crystals - Volume I: Foundations and Fundamental Aspects Springer, 2024. — 578 p. — ISBN 3031500571.</li> </ol> <p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chattopadhyay J., Srivastava R. Liquid Crystals with Nano/Micro Particles and Its Applications CRC Press, 2023. — 137 p. — ISBN: 978-0-367-55431-6</li> <li>2. Schenning A.P.H.J., Crawford G.P., Broer D.J. (Eds.) Liquid crystal sensors CRC Press, 2018. - 179 p.</li> <li>3. Choudhury Pankaj Kumar, Ibrahim Abdel-Baset (eds.) Liquid Crystals ITeXLi, 2022. — 131 p. — ISBN 1838819452 9781838819453 1838819444 9781838819446 1838819460 9781838819460.</li> </ol>

	<p>4. Ermakov S.F., Myshkin N.K. Liquid-Crystal Nanomaterials: Tribology and Applications Springer International Publishing AG, Springer Nature, 2018. — 227 p. — (Springer Series in Materials Science) — ISBN: 978-3-319-74768-2.</p> <p>5. Zannoni Claudio. Liquid Crystals and their Computer Simulations Cambridge University Press, 2022. — 703 p. — ISBN-139781108424059.</p> <p><b>Методичне забезпечення:</b></p> <p>1. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму з курсу «Рідкі кристали в сенсорній електроніці» / Ю.А.Настішин, Л.М. І.М. Матвіїшин Шпак, О.М. Крунич, Д.П. Слободзян. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. – 2013. – 38 с.</p> <p>2. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму з курсу «Рідкі кристали в сенсорній електроніці» Ч2 / І.М. Матвіїшин, Ю.А.Настішин, Л.М. Шпак, О.М. Крунич, Д.П. Слободзян. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. – 2014. – 47 с.</p> <p>3. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму з курсу «Рідкі кристали в сенсорній електроніці» Ч3 / І.М. Матвіїшин, Ю.А.Настішин, Л.М. Шпак, О.М. Крунич, Д.П. Слободзян. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. – 2015. – 58 с.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг 180 год. Аудиторних занять – 64 год.: 32 год. - лекційних занять, 32. год- лабораторних занять. Самостійна робота – 116 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>В результаті вивчення даного курсу студент повинен:</p> <p><b>знати:</b> принцип роботи основних мікроелектронних сенсорних пристроїв на основі рідких кристалів, їхню будову, параметри, область застосування;</p> <p><b>вміти:</b> використовувати знання фізичних принципів роботи мікроелектронних сенсорних пристроїв на основі рідких кристалів в сучасній галузі електроніки.</p> <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких компетентностей і програмних результатів:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК4. Здатність проводити досліджень на відповідному рівні.</p> <p>ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>СК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірвальне, технологічне та дослідницьке</p>

	<p>обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення.</p> <p>СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.</p> <p>СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності.</p> <p>СК8. Здатність використовувати профільні знання та практичні навички для дослідження, розроблення і оптимізації матеріалів та пристроїв сенсорної електроніки.</p> <p>Р4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.</p> <p>Р8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.</p> <p>Р11. Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.</p> <p>Р.16. Досліджувати, проектувати і розробляти матеріали та пристрої сенсорної електроніки, розуміти перспективи їхнього використання у сучасних сенсорних системах різноманітного призначення.</p>
<b>Ключові слова</b>	Рідкий кристал (РК), термотропний РК, ліотропний РК, мезофаза, мезоген, сенсори магнітного, електричного, механічного полів, дисплей, датчики хімічного складу.
<b>Формат курсу</b>	Очний.
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит в кінці семестру.
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань у галузі 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання</b>	Лекції, презентації, лабораторні роботи, написання рефератів, виконання індивідуальних завдань (робота у групі, команді), обговорення, дискусія. Робота в системах Microsoft Teams та Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.

<p><b>курсу</b></p>	
<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Джерела живлення, мультиметри, оптичний мікроскоп, мікроскоп відбитого світла, спектрофотометр «Eprival», спектрофлуориметр «СМ-2032». Персональний комп'ютер, мультимедійний проектор, платформа Microsoft Teams, стандартне програмне забезпечення.</p>
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою.</p> <p>Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30;</li> <li>• контрольні заміри (1 модуль): 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20;</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Загалом упродовж семестру 100 балів</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Виявлення ознак академічної недоброчесності при виконанні лабораторних робіт та формуванні звітів є підставою для їх незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідування занять</b> 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 та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> 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.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному контролі (виконання лабораторних робіт, модулів), самостійній роботі та бали підсумкового заліку. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; 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.</p>

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

**Оцінювання лабораторних робіт** (8 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 30) відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту звіту:

- лабораторні роботи 1-8 (0-5 балів за одну роботу)

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання;

4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками);

3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з помірними недоліками;

2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, та в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з суттєвими недоліками;

1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином, не в змозі самостійно реалізувати завдання для виконання роботи, лише при допомозі викладача;

0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином /не функціонують взагалі, не в змозі при допомозі викладача реалізувати завдання для виконання роботи

У підсумку, всі набрані бали множаться на коефіцієнт для переведення у 30-ти бальну шкалу

**Контрольні заміри** проводяться у формі письмових відповідей на контрольні запитання (1 модуль на 20 балів). **Іспит** оцінюється за 50 бальною системою згідно наступних критеріїв:

<b>Бали</b>	<b>Критерії оцінювання</b>
40–50	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обгрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.
25–39	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.
14–24	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
1–13	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно. Відсутність чіткого і логічного формулювання.
0	Не виконав.

**Питання до іспиту**

Перелік питань і завдань для проведення підсумкової оцінки знань усіх тем курсу та до контрольних робіт розміщено на веб-сторінках курсу:

<https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3A6c2a5df06b5e4b16a2a20ee27bc8038c%40thread.tacv2/%D0%A0%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%96%20%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8?groupId=d84b44d0-f437-4ca5-8bcb-881d5e098655&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf&ngc=true>

<https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3361>

**Опитування**

Анкету з метою оцінювання якості курсу буде надано після вивчення курсу.



## СХЕМА КУРСУ

Тиж	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год.	Термін виконання
1, 2, 3	<p><b>Тема 1. Рідкокристалічний (РК) стан речовини</b>                      Історія відкриття РК.                      Предмет і завдання курсу.                      Основні типи РК.                      Структура молекул речовин, здатних до утворення РК.                      Класифікація РК.                      Нематики, смектики, холестерики. Методи орієнтації РК.</p>	Лекція	1, 2, 5	<p>Вступне заняття. Інструктаж з безпеки життєдіяльності. 2 год</p> <p>Виготовлення рідкокристалічної комірки із заданою товщиною щілини. Контроль товщини щілини. 4 год.</p>	1 тиж. семестру  2-3 тиж. семестру
4, 5	<p><b>Тема 2. Електрична і магнітна анізотропія РК.</b>                      Двопроменезаломлення в спектрі поглинання..                      Параметр орієнтаційного впорядкування.                      Взаємодія РК з електричним і магнітним полями. Порогові ефекти в РК.</p>	Лекція	1, 2, 4	<p>Виготовлення нематичної комірки із заданою орієнтацією директора: ідентифікація та контроль однорідності орієнтації. 4 год.</p>	4, 5 тиж. семестру
6, 7	<p><b>Тема 3. Перехід Фредерікса в РК.</b>                      Експериментальні дослідження ефекту Фредерікса. Залежність кристалічних параметрів переходу Фредерікса від орієнтацій РК і умов поверхневого зчеплення.                      Світлоіндукований ефект Фредерікса.                      Електрооптичні ефекти внематичних РК. Ефект динамічного розсіяння світла в РК. Твіст ефект. Ефект «гість-господар».</p>	Лекція	1, 2, 3, 6	<p>Оптичне характеризування тонких непоглинаючих твердотільних та рідкокристалічних плівок. 3 год.</p>	6, 7 тиж. семестру
8, 9	<p><b>Тема 4. Орієнтаційний перехід «холестерик-нематик».</b> Ефект керованого електричним полем селективного розсіяння світла в холестериках.</p>	Лекція	2, 3, 5, 6	<p>Захисне заняття. Написання модуля. 2 год.</p> <p>Вивчення діелектричних та пружних властивостей</p>	8, 9 тиж. семестру

	Температурна залежність спектра селективного розсіяння світла в холестериках. Термохромні РК плівки для теплобачення.			нематичних рідких кристалів. 3 год.	
9, 10	<b>Тема 5. Текстура і оптичні властивості РК.</b> Переорієнтація шару смектика А в електричному полі. Ефект керованого електричним полем двопроменезаломлення в шарі смектика С. Електроклінний ефект в смектику Особливості росту (плавлення) нематичної, смектичної, холестеричної фаз.	Лекція	1, 2, 4, 7	Вивчення переходу Фредерікса та пружних властивостей нематичних рідких кристалів оптичним методом. 3 год.	10 тиж. семестру
11, 12	<b>Тема 6. Багатокомпонентні РК системи.</b> Вода, поверхнево-активні речовини і міцели. Неводні ліотропні системи. Полімерні РК системи. Ліотропні РК з магнітними частинками. РК п'єзоелектричні полімери. РК сегнетоелектрики.	Лекція	1, 2, 4, 6	Оптичне характеризування забарвленого нематика. 3 год.	11, 12 тиж. семестру
13, 14	<b>Тема 7. Пружні хвилі в РК та їх провідність</b> Акусто-оптичні властивості мезофази в полі поздовжньої та зсувової хвиль. Візуалізація полів різної природи. Ультразвукова та інфрачервона спектроскопія РК. Провідність орієнтованих РК. Електродіаліз. Залишкова іонна провідність	Лекція	1, 2, 4, 5, 7	Поляризаційно-мікроскопічна ідентифікація рідкокристалічних фаз. 3 год.	13, 14 тиж. семестру
15, 16	<b>Тема 8. РК в науці і техніці .</b> Основні елементи	Лекція	2, 3, 5, 6	Вивчення дефектів в рідких кристалах. 3 год.	15, 16 тиж. семестру

	<p>конструкції РК дисплеїв та сенсорів. Дисплейні панелі відбивного і просвічуючого типів. Кольорові РК дисплеї. Оптимальні галузі використання РК. Роль РК стану в науці, техніці, біології та медицині.</p>			<p>Підсумкове заняття. 2 год.</p>	
--	---	--	--	-----------------------------------	--