

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

**Затверджено**  
на засіданні кафедри експериментальної фізики  
фізичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 7 від 07.06.2023 р.)  
Завідувач кафедри



проф. Анатолій ВОЛОШИНОВСЬКИЙ

**Силабус**  
**з навчальної дисципліни «Електронна будова і оптика кристалів»,**  
**що викладається в межах**  
**ОНП «Експериментальна фізика»**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів з спеціальності 104 «Фізика та астрономія»**

**Львів 2023**

<b>Назва дисципліни</b>	Електронна будова і оптика кристалів
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Кирила і Мефодія, 8, м. Львів, 79005
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
<b>Викладач дисципліни</b>	Рудиш Мирон Ярославович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики.
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:myron.rudysh@lnu.edu.ua">myron.rudysh@lnu.edu.ua</a> , <a href="mailto:rudysh.myron@gmail.com">rudysh.myron@gmail.com</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/rudysh-m-ya">https://physics.lnu.edu.ua/employee/rudysh-m-ya</a>
<b>Консультації з курсу 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, Telegram.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/elektronna-budova-i-optyka-nelinijnyh-krystaliv-fizyka">https://physics.lnu.edu.ua/course/elektronna-budova-i-optyka-nelinijnyh-krystaliv-fizyka</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Електронна будова і оптика кристалів” є нормативною навчальною дисципліною для підготовки магістра з спеціальності 104 Фізика та астрономія, яка викладається у I семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Електронна будова і оптика кристалів” розроблено таким чином, щоб надати учасникам відповідні загальні та фахові компетентності засновані на розумінні закономірностей електронної будови кристалів та методів її розрахунку. У курсі представлені відповідні теоретичні дані та передбачені лабораторні заняття з розрахунку електронних та оптичних спектрів кристалів.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	У курсі „Електронна будова і оптика кристалів” з єдиних позицій розглядаються енергетична структура та оптичні властивості кристалів. Висвітлюються основні підходи до розрахунку зонних енергетичних параметрів кристалів та засади прогнозування оптико-спектральних властивостей кристалів. Поряд з лекційним курсом студенти мають можливість проводити практичні розрахунки електронної будови кристалів та їх оптичних спектрів. Розрахунки проводяться із використанням пакету програм Abinit, який є одним із найбільш популярних та доступних інструментів для розрахунку електронного спектра, просторової структури та макроскопічних властивостей різноманітних систем із використанням теорії функціонала густини. <b>Мета:</b> ознайомлення з основними методами розрахунку та розшифрування зонної енергетичної структури кристалів, розрахунку та інтерпретації оптичних спектрів кристалів та основних оптичних функцій. <b>Завданням</b> курсу є формування в студентів знань та умінь, необхідних для встановлення зв'язку між параметрами зонної енергетичної структури кристалів і їх спектральними властивостями, такими як спектри поглинання, діелектричні постійні, дисперсія показника заломлення.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова:</b> 1. Jang S.J. Quantum mechanics for chemistry. Switzerland: Springer Nature, 2023, 444 p. 2. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. Львів: ЛНУ, 2003. 479 с. 3. Довгий Я.О., Кітик І.В. Електронна будова і оптика нелінійних

	<p>кристалів. Львів: „Світ”, 1996. 176 с.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Рудиш М.Я., Щепанський П.А., Стадник В.Й., Брезвін Р.С. Зонна структура та рефрактивні параметри кристалів з ізотропною точкою : монографія / – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2022. 264 с.</li> <li>5. Немошкаленко В.В., Антонов В.Н., Методи обчислювальної фізики в теорії твердого тіла. Зонная теорія металів. Київ: Наукова думка, 1985. 408с.</li> <li>6. Ohno K., Esfarjani K., Kawazoe Y. Computational materials science: From ab initio to Monte Carlo methods. Second Edition. Berlin : Springer. 2018. 433 p.</li> </ol> <p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prasad R.Y. Computational quantum chemistry, Second Edition. CRC Press. 2021. 715 p.</li> <li>2. Kittel C. Introduction to Solid State Physics, 8th Edition, Wiley, 2004. 704 p.</li> <li>3. Lee J.G. Computational materials science: an introduction. Second edition. Boca Raton : CRC Press, Taylor &amp; Francis, 2017. 351 p.</li> <li>4. Слета Л. О., Іванов В. В. Квантова хімія. — Х. : Фоліо, 2007. — 443 с.</li> <li>5. Bassani F., Pastori G. Parravicini. Electronic states and optical transitions in solids. Pergamon Press, Oxford New York Toronto Sydney : Braungchweig, 1975. 391 p.</li> </ol> <p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="https://www.abinit.org/">https://www.abinit.org/</a></li> <li>2. <a href="https://www.quantum-espresso.org/">https://www.quantum-espresso.org/</a></li> <li>3. <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a></li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	120 годин, з яких 32 години аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 16 годин лабораторних занять та 88 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК):</p> <p><b>Загальні компетентності:</b></p> <p><b>ЗК01.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК02.</b> Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p><b>ЗК03.</b> Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p><b>ЗК04.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ЗК05.</b> Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.</p> <p><b>ЗК06.</b> Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.</p> <p><b>ЗК07.</b> Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p><b>Спеціальні (фахові) компетентності:</b></p> <p><b>СК01.</b> Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.</p> <p><b>СК02.</b> Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем у галузі фізики та/або астрономії.</p> <p><b>СК05.</b> Здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та</p>

астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опанувати знання та навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних галузях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

**СК08.** Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі у галузі фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

**СК10.** Здатність використовувати знання й уміння в галузі сучасних інформаційних технологій для вирішення експериментальних і практичних завдань фізики та астрономії.

**СК12.** Здатність обирати відповідні методи фізичного аналізу для вузько напрямленого вивчення конкретних об'єктів досліджень.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** основні наближення, що використовуються для розрахунку електронної будови кристалів; основні методи теоретичних розрахунків зонних структур кристалів; методи розрахунку основних оптичних функцій кристалів; принципи ідентифікації особливостей оптичних спектрів; експериментальні оптико-спектральні методи визначення параметрів енергетичної структури кристалів;

**вміти:** розрахувати електронну енергетичну структуру атомів, молекул, кристалів, нанооб'єктів із використанням пакету програм Abinit; здійснювати розрахунок загальної та парціальної густини електронних станів кристалів; візуалізувати просторову густину електронів у кристалах; розраховувати та проводити інтерпретацію спектрів поглинання кристалів проводити розрахунок головних оптичних функцій кристалів. здійснювати оптимізацію кристалічної ґратки.

#### **Програмні результати навчання:**

**РН01.** Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної та експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

**РН02.** Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

**РН04.** Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.

**РН05.** Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

**РН06.** Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій у галузі фізики та/або астрономії.

**РН10.** Відшуковувати інформацію і дані, необхідні розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отриману інформацію та дані.

**РН11.** Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

**РН19.** Вміння обробити, проаналізувати та пояснити фізичну інформацію, одержану за допомогою методів x-променевої дифракції, люмінесцентної

	й оптичної спектроскопії, моделювання, електронної мікроскопії, термічного аналізу.										
<b>Ключові слова</b>	Енергетична структура кристала, оптичні функції, самоузгоджений розрахунок, теорія функціоналу густини, рівняння Кона-Шема, електронна густина.										
<b>Формат курсу</b>	Очний										
	Проведення лекцій, лабораторних занять і консультації для кращого розуміння тем										
<b>Теми</b>	Наведено у таблиці 1										
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Підсумковий контроль: іспит в кінці семестру. Форма: письмово-усна.										
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Чисельні методи», «Атомна фізика», «Оптика», «Фізика твердого тіла»										
<b>Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу</b>	Лекції, презентація, лекційні демонстрації, розв'язування задач, підготовка доповідей, виконання і захист лабораторних робіт, презентації.										
<b>Необхідне обладнання</b>	Лекційні заняття – мультимедійна установка та ноутбук. Лабораторні заняття – персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми і операційні системи, проєктор.										
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30 = 5 робіт x 6 балів;</li> <li>• контрольний замір (модуль): 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20;</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p style="text-align: center;"><b>Шкала оцінювання лабораторної роботи</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Бали</th> <th style="text-align: center;">Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>Здобувач самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускалися незначні неточності у формулюваннях відповідей або при оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Студент самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт. При оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки, на захисті продемонстрував достатній рівень знань.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Студент самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок, на захисті продемонстрував середній рівень знань.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Студент виконав розрахунки частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні</td> </tr> </tbody> </table>	Бали	Критерії оцінювання	6	Здобувач самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускалися незначні неточності у формулюваннях відповідей або при оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.	5	Студент самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт. При оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки, на захисті продемонстрував достатній рівень знань.	4	Студент самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок, на захисті продемонстрував середній рівень знань.	3	Студент виконав розрахунки частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні
Бали	Критерії оцінювання										
6	Здобувач самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускалися незначні неточності у формулюваннях відповідей або при оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.										
5	Студент самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт. При оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки, на захисті продемонстрував достатній рівень знань.										
4	Студент самостійно провів розрахунки відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок, на захисті продемонстрував середній рівень знань.										
3	Студент виконав розрахунки частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні										

	висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.
2-1	Студент провів розрахунки з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.
0	Здобувач не представив до захисту звіт з відповідної тематичної лабораторної роботи.

У разі відсутності студента під час проведення лабораторних занять з поважних причин йому надається право на відпрацювання. У всіх інших випадках відсутність здобувача на лабораторних заняттях автоматично зараховується йому як незадовільна оцінка (0 балів) за відповідну тематичну лабораторну роботу. Незадовільну оцінку студент має право пересклати. Додатковий термін перездачі призначає викладач.

- підсумковий контроль (іспит): 50% семестрової оцінки.

До підсумкового контролю допускаються студенти за умови захисту звітів всіх робіт. Підсумковий контроль здійснюється у формі іспиту з врахуванням накопичених балів протягом семестру в процесі поточного контролю.

На іспит виноситься 2 описові питання, з максимальною оцінкою в 10 балів кожне і тести з максимальною сумарною оцінкою 30 балів. Максимальна кількість балів за іспит – 50.

#### Критерії оцінювання описових питань іспиту

Критерії	Бали
Студент продемонстрував глибокий рівень розуміння матеріалу. Під час відповіді використовував формули, означення, приводив доведення, вільно володів концепціями. Розглянуто всі аспекти поставленого запитання. Відповіді були достатньо аргументовані, чіткі й логічні, містили всі необхідні елементи й деталі. Допускалися деякі неточності формулювань.	10-9
Здобувач продемонстрував достатній або середній рівень фізичних знань під час відповіді на запитання. Наведено формули й означення без їхнього повного кінцевого розуміння. Відповіді на певні аспекти питання були в основному правильні, але недостатньо фізично обґрунтовані, допускалися математичні помилки й неточності означень.	8-6
Здобувачем продемонстровано задовільний або базовий рівень знань з питання, яке у відповіді не розглянуто з усіх необхідних точок зору. Крім значних математичних помилок, траплялися випадки, пов'язані з помилковою фізичною інтерпретацією певного аспекту питання.	5-1

**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. Також до 10 додаткових балів включно можна отримати через наукову роботу здобувача, куди входить написання тез, статей, участь у

	<p>міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни.</p> <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 лабораторних заняттях 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><b>Питання до екзамену</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рівняння Шредінгера для кристала.</li> <li>2. Адіабатичне наближення.</li> <li>3. Одноелектронне наближення.</li> <li>4. Рівняння Хартрі та Хартрі-Фока.</li> <li>5. Періодичне поле кристала. Оператор трансляції.</li> <li>6. Теорема Блоха. Функція Блоха.</li> <li>7. Зони Бріллюена.</li> <li>8. Поняття оберненої ґратки. Обернені ґратки кубічної симетрії.</li> <li>9. Дискретність квазіімпульсу.</li> <li>10. Теорія слабозв'язаних електронів.</li> <li>11. Теорія сильнозв'язаних електронів.</li> <li>12. Класифікація методів розрахунку зонної структури.</li> <li>13. Методи комірок.</li> <li>14. Варіаційні методи.</li> <li>15. Симетрія кристалів і класифікація електронних станів.</li> <li>16. Метод приєднаних плоских хвиль.</li> <li>17. Метод функцій Гріна.</li> <li>18. Метод ортогоналізованих плоских хвиль.</li> <li>19. Метод псевдопотенціалу.</li> <li>20. Теорія функціоналу густини.</li> <li>21. Розрахунок оптичних спектрів кристалів.</li> <li>22. Експериментальне визначення оптичних функцій.</li> </ol>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

## Схема курсу «Електронна будова і оптика кристалів»

Тижні	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Завдання	Термін виконання
1	Тема 1. Вступ. Рівняння Шредінгера для кристала. Адіабатичне наближення. Одноелектронне наближення. Рівняння Хартрі та Хартрі-Фока.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Базова: 1, 2 Допоміжна: 1-3	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи.	1 тиждень
2	Тема 2. Періодичне поле кристала. Оператор трансляції. Теорема Блоха. Функція Блоха. Зони Бріллюена. Поняття оберненої ґратки. Обернені решітки кубічної симетрії. Дискретність квазіімпульсу.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Б: 2 Д: 2, 3	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи. Підготовка до захисту лабораторних робіт.	1 тиждень
3	Тема 3. Теорія слабозв'язаних електронів. Теорія сильнозв'язаних електронів	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Б: 2 Д: 5	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи.	1 тиждень
4	Тема 4. Класифікація методів розрахунку зонної структури.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Б: 5 Д: 5	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи. Підготовка до захисту лабораторних робіт.	1 тиждень
5	Тема 5. Симетрія в кристалі. Теоретико-груповий аналіз електронних станів кристалів.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Б: 1, 3 Д: 4, 5	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи.	1 тиждень
6	Тема 6. Теорія функціоналу густини. Густина електронних станів. Сингулярності Ван Хофа.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Б: 1, 4, 6 Д: 3	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи. Підготовка до захисту лабораторних робіт.	1 тиждень
7	Тема 7. Розрахунок оптичних спектрів кристалів.	Лекція – 2 год. лабор. заняття – 2 год.	Б: 3-5 Д: 5	Опрацювати матеріали лекції та	1 тиждень



Тижні	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Завдання	Термін виконання
		самостійна роб. – 11 год.		рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи.	
8	Тема 8. Експериментальне визначення оптичних функцій.	Лекція – 1 год. контрольний замір – 1 год. лабор. заняття – 2 год. самостійна роб. – 11 год.	Б: 3, 4	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу. Підготовка до лабораторної роботи. Підготовка до захисту лабораторних робіт.	1 тиждень