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

Затверджено
На засіданні кафедри фізики металів
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 7 від 26.06.2023 р.)

Завідувач кафедри проф. Мудрий С. І.

Силабус
з навчальної дисципліни «*Актуальні проблеми фізики конденсованого стану*», що викладається в межах ОПП «*Прикладна фізика та наноматеріали*» другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності *105 Прикладна фізика та наноматеріали*

Львів 2023

Назва дисципліни	Актуальні проблеми фізики конденсованого стану
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі курсу	Лектор: доц. Королишин А.В., к.ф.-м.н. Лабораторні роботи проводить проф. Мудрий С.І., д.ф.-м.н.
Контактна інформація викладачів	andriy.korolyshyn@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/andrij-korolyshyn stepan.mudryy@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/mudryj-stepan-ivanovych
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/aktualni-problemy-fizyky-kondensovanoho-stanu-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Актуальні проблеми фізики конденсованого стану» є вибірковою дисципліною з спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» для другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається в 1 семестрі в обсязі 4,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс передбачає надати учасникам основні фундаментальні знання, уміння, навички, загальні та фахові компетентності для розуміння фізичних явищ та процесів, які є актуальними для сучасної фізики конденсованого стану Тому у курсі представлені відповідні дані про структуру та фізичні властивості матеріалів різного типу, включаючи нанорозмірні та інтелектуальні матеріали. Також розглядається питання про перспективні напрямки теоретичних та експериментальних досліджень та їх зв'язок з можливостями практичного застосування.
Мета та цілі дисципліни	Метою дисципліни «Актуальні проблеми фізики конденсованого стану» є формування необхідних фундаментальних теоретичних та експериментальних знань у майбутнього спеціаліста системи знань з фізики конденсованого стану і розуміння закономірностей утворення структури та її взаємозв’язку з фізичними властивостями. Це передбачає виклад основних розділів фізики конденсованого стану, які виявляють тісний зв'язок з іншими розділами і відображають найбільший інтерес як з точки хору теоретичних досліджень так і в плані практичного застосування. Завданням курсу є навчити студентів аналізувати отримані ними знання зі загальних курсів та спеціальних дисциплін і на основі цього аналізу формулювати теми наукових досліджень з фізики конденсованого стану. При цьому, метою є навчити студентів характеризувати різні явища та процеси, що відбуваються в конденсованих речовинах та знаходити взаємозв’язок між атомною і електронною структурою з одного боку та фізичними властивостями з іншого.
Література для вивчення дисципліни	**Базова:** 1. Говорун Т.П. Фізика конденсованого стану матеріалів / Т.П. Говорун, В.О. Пчелінцев, В.М. Радзієвський, Л.В. Носонова. навч. посіб. - Суми: СумДУ, 2015. - 236 с. 2. Ткач М. Квазічастинки у наногетеросистемах. Чернівці, 2003, 311с. 3. Шпак А.П. Захаренко М.І. Магнетизм аморфних та

	нанокристалічних систем, Київ, Академперіодика. 2003. 211с. 4. F.Owens, C.Poole. The Physics and Chemistry of Nanosolids. Willey-Interscience, 2008, 539p. 5. Поплавко Ю. М. Фізичне матеріалознавство , Ч. 3. Провідники та магнетики. /.Ю. М. Поплавко, С. О. Воронов, Ю. І. Якименко.. Навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 372 с. 6. Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М.. Фізика твердого тіла / Н.В. Подопригора, М.І. Садовий, О.М. Трифонова: навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів, – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2014. – 416 с. Д 7. Булавін Л.А., Плевачук Ю.О., Склярчук В.М. Критичні явища розшарування в рідинах на Землі та в космосі. – Київ.: Наукова думка, 2011. –278 с. (http://www.ndumka.kiev.ua/books/library-fund). 8. Булавін Л. А. Властивості рідин у критичній області : Навч. посіб. / Л. А. Булавін; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. - К., 2002. - 207 с. - Бібліогр.: 122 назв. - укр. 9. Гриценко М.І. Фізика рідких кристалів. Навчальний посібник. Київ: Академія, 2012 . – 271 с. 10. Кшнякин, В.С. Основи фізичного матеріалознавства [Електронний ресурс] / В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. - Електронне вид. каф.: Електроніки і комп'ютерної техніки; ПМіТКМ. - Суми: СумДУ, 2015. - 466 с. **Допоміжна:** 1. Michael C. Gao, Jien-Wei Yeh, Peter K. Liaw, Yong Zhang. High-Entropy Alloys. Fundamentals and Applications. Springer International Publishing, Switzerland, 2016. https://www.springer.com/gp/book/9783319270111. 2. B.S. Murty, Jien-Wei Yeh, S. Ranganathan, P. P. Bhattacharjee. High-Entropy Alloys, 2nd Edition. Elsevier 2019. https://www.elsevier.com/books/high-entropy-alloys/murty/978-0-12-816067-1 3. М.В. Карпець, О.С. Макаренко, О.М. Мисливченко, В.Ф. Горбань. ВПЛИВ NI на фазовий склад, мікроструктуру та механічні властивості системи високоентропійних сплавів AlCrCoCuFeNix (x = 0; 0,5; 1; 2; 3). Наукові вісті НТУУ “КПІ”, Матеріалознавство та машинобудування. – 2014, т.2. – с.46-52. Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо. **Інформаційні ресурси:** 1. http://www.nbuv.gov.ua/ – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. 2. http://www.lsl.lviv.ua/ - Львівська національна наукова Бібліотека України імені В. Стефаника 3. https://lnulibrary.lviv.ua/ - Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	120 годин, з яких 32 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 16 годин лабораторних занять, та 88 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення цього курсу студент буде **знати:** • основні явища, що відбуваються у відкритих термодинамічних системах при умовах далеких від рівноважних, а також процеси

	самоорганізації, деградації та еволюції; • теоретичні наближення опису структури та властивостей рідин та їх термодинамічні характеристики; • явища та процеси, які протікають у твердих кристалічних та аморфних речовинах та роль міжатомної взаємодії в цих явищах; • моделі фазових переходів та інших перетворень у конденсованих системах, їх теоретичний опис та методи експериментального дослідження ; • методику вибору потенціалу міжчастинкової взаємодії для теоретичного розрахунку та модельного прогнозування структури та термодинамічних характеристик конденсованих речовин. **вміти:** • застосовувати фундаментальні знання з фізики конденсованого стану для аналізу явищ та процесів, які відбуваються в твердих тілах та рідинах; • проводити розрахунки структури та властивостей рідин та твердих сплавів різного типу на основі сучасних теоретичних методів з використанням потенціалів міжчастинкової взаємодії; • використовувати методи комп'ютерного моделювання для оцінки фізичних характеристик конденсованих речовин.
Ключові слова	Конденсовані речовини, самоорганізація, фазові переходи, кристалізація поверхневі властивості, нерівноважна термодинаміка .
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти повинні знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, термодинаміки, статистичної фізики, квантової механіки та фізики твердого тіла; вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів загальної фізики, рівноважної та нерівноважної термодинаміки, статистичної фізики, квантової механіки, фізики твердого тіла, фізики невпорядкованих систем фізики кластерних та наноструктурних систем, а також математичних дисциплін для їх практичного застосування; володіти навиками пошуку та аналізу нових літературних даних щодо актуальних проблем фізики конденсованого стану.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використовуються такі методи навчання: а) *словесні* – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт; б) *наочні* – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, графіками та конкретними наноматеріалами; в) *практичні* – виконання лабораторних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для повнішого та глибшого засвоєння нових знань, перевірки закономірностей та механізму формування наноструктур, узагальнень та аналізу та формування вмінь і навичок щодо аналізу та інтерпретації результатів досліджень нанооб'єктів різного типу.
Необхідне обладнання	Х-променевий дифрактометр, електронний мікроскоп, малокутовий дифрактометр, технологічне обладнання для синтезу, установка для вимірювання електроопору, комп'ютери та наноматеріали.
Критерії оцінювання	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються

(окремо для кожного виду навчальної діяльності)	за наступним співвідношенням: • лабораторні заняття: 80% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 80 (лабораторні № 1 і № 4 – 10 балів, № 2, 3 і 5 – 20 балів) • контрольна робота 20% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 20 (1 контрольна робота – 20 балів). Підсумкова максимальна кількість балів 100. **Академічна доброчесність** здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і 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. **Література**. 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. **Політика виставлення балів**. 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 запізнень 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. Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.
Питання на контрольні роботи	1. Теорія парних потенціалів. взаємодії, між електронейтральними молекулами. 2. Парний потенціал Ленарда- Джонса. 3. Парний потенціал Марча в рідких мпеталах. 4. Статистична теорія будови рідини. 5. Функція радіального розподілу атомів і молекул в рідинах. 6. Вивести формулу внутрішньої енергії рідин. 7. Фізична суть віріалу, довести теорему віріалу і показати, що вона визначає. 8. Грунтуючись на теоремі віріала вивести рівняння стану рідин. 9. Структурно-зонна класифікація твердих тіл. 10. Енергія зв'язку в іонних та іонно-ковалентних кристалах. Стала Маделунга. 11. Дисипативні структури. 12. Принцип мінімуму виробництва ентропії в процесах самоорганізації. 13. Інформація та ентропія у відкритих системах. 14. Термоелектричні властивості кристалів. 15. Вплив магнітного поля на рух електронів в кристалах. 16. Вплив лазерного опромінення на структуру аморфних сплавів. 17. Нанокристалізація. 18. Фазові перетворення в аморфних сплавах. 19. Трьохчастинковий потенціал.

	20. Дифузійні процеси при самоорганізації.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «**Актуальні проблеми фізики конденсованого стану**»

Тижні	Теми занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1-2	**Тема 1. Конденсований стан речовини.** Класифікація конденсованих речовин. Перехід від газоподібного стану в рідкий і твердий. Перехід аморфний–кристалічний.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 1, 5, 6;	2 тижні
3-4	**Тема 2. Нерезонансна взаємодія лазерного випромінювання з конденсованими середовищами.** Процеси поглинання лазерного випромінювання в металах, напівпровідниках та діелектриках. Механізм нагріву, плавлення та випаровування матеріалів.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 1, 2, 4; Допоміжна: 3	2 тижні
5-6	**Тема 3. Фізичні процеси формування конденсованих середовищ з допомогою лазера.** Процеси формування тонких плівок з допомогою лазера. Лазерний синтез нанопорошкових матеріалів. Лазерний відпал і кристалізація твердотільних матеріалів.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 1, 2, 4, 5; Допоміжна: 3	2 тижні
7-8	**Тема 4. Кристалізація.** Гетерогенна і гомогенна кристалізація Нерівноважна кристалізація і кристалізація в умовах невагомості. Моделювання процесу кристалізації. Кристалізація аморфних сплавів.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 5, 6;	2 тижні
9-10	**Тема 5. Квантовий ефект Хола.** Ефект Хола у 3d-матеріалах. Двовимірні структури. Рівні Ландау і провідність металічних плівок. Одиниця електроопору 1 кнітцінг. Дробовий квантовий ефект Хола.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 5, 6;	2 тижні
11-12	**Тема 6. Аморфні сплави.** Структурна релаксація в аморфних сплавах. Вплив лазерного опромінення на структуру та властивості аморфних сплавів. Фазові перетворення і основні теоретичні наближення. Експериментальні дослідження структурних перетворень в аморфних сплавах.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 1, 5, 7, 10; Допоміжна: 1-3	2 тижні
13-14	**Тема 7. Магнетизм.** Магнітні властивості кристалічних матеріалів. Фізична природа магнетизму. Порівняння магнітних властивостей кристалічних та аморфних матеріалів. Магнетизм наностоуктур. Перспективи створення	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 1, 5, 7, 10; Допоміжна: 3	2 тижні

	нових магнітних матеріалів для гнучкої електроніки..			
15-16	**Тема 8. Дифузія.** Основні рівняння дифузії та кінетика дифузії. Методи дослідження явищ дифузії. Роль дифузійних процесів у фазових перетвореннях.	Лекції – 2 год. лабор. – 2 год. самостійна робота – 11 год	Базова: 1, 7-9; Допоміжна: 3	2 тижні

Таблиця 2

Теми лабораторних робіт

Тижні	Теми лабораторних занять	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1-2	Вивчення теплової кристалізації аморфних сплавів на основі заліза.	лабор. – 2 год.	2 тижні
3-4 5-6	Дослідження процесу формування поверхневих лазерно-індукованих структур.	лабор. – 4 год.	4 тижні
7-8 9-10	Дослідження структурних змін феромагнетика в околі температури Кюрі.	лабор. – 4 год.	4 тижні
11-12	Розрахунок конфігураційної ентропії змішування для подвійних металічних розплавів.	лабор. – 2 год.	2 тижні
13-14 15-16	Х-променеве дослідження фрактальної структури.	лабор. – 4 год.	4 тижні