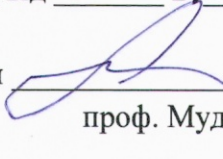


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики металів

Затверджено

На засіданні кафедри фізики металів
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 2 від 27.01. 2020р.)

Завідувач кафедри


проф. Мудрий С.І.

Силабус з навчальної дисципліни
«Атомна динаміка в твердих тілах»,
що викладається в межах третього (освітньо-наукового) рівня
вищої освіти для здобувачів
з спеціальності 104 «Фізика та астрономія»

Львів 2019 р.

**Силабус курсу “Атомна динаміка в твердих тілах”
2019–2020 н.р.**

Назва курсу	Атомна динаміка в твердих тілах
Адреса викладання курсу	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки (предметна спеціальність 104 Фізика та астрономія)
Викладачі курсу	професор кафедри фізики металів, доктор фіз.-мат.наук Плевачук Юрій Олександрович
Контактна інформація викладачів	yuriy.plevachuk@lnu.edu.ua
Консультації по курсу відбуваються	щочетверга, 13:30–14:30 год (вул. Кирила і Мефодія 8, ауд. Л001)
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/department/fizyky-metaliv
Інформація про курс	Курс спрямований на отримання теоретичних знань і практичних навиків, які дозволять набути фундаментальні знання з атомної динаміки в в твердих тілах, зокрема в нанорозмірних речовинах, які тісно пов'язані з основними фізичними характеристиками і є необхідними для розвитку сучасних нанотехнологій, що в подальшому створює добру фундаментальну і практичну базу знань для виконання дисертаційної роботи у даній галузі знань.
Коротка анотація курсу	Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни вільного вибору “ Атомна динаміка в твердих тілах” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки, (за спеціальністю 104 Фізика та астрономія), яка викладається в 4 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою). Програма навчальної дисципліни складається з одного змістового модуля, що включає загальну характеристику фононів та фононні процеси в макроскопічних твердих тілах та їхній зв'язок з фізичними характеристиками; вивчення оптичних і акустичних мод методом коливної спектроскопії та основних фізичних властивостей наночастинок, оптичних мод у розмірно обмежених структурах. Розглядаються моделі акустичних фононів у розмірно-обмежених структурах, а також методи експериментальних досліджень атомної динаміки у твердих тілах та наноструктурах.
Мета та цілі курсу	Метою і завданням навчальної дисципліни “Атомна динаміка в твердих тілах” є формування необхідних теоретичних знань і практичних навиків, які дозволять отримати фундаментальні знання з атомної динаміки в твердих тілах, з особливим акцентом на нанорозмірних речовинах, включаючи кристалічні, аморфні та рідкі нанорозмірні частинки, які тісно пов'язані з основними фізичними характеристиками (теплоємність, теплопровідність, плазмонні коливання тощо) і є вкрай необхідними для розвитку сучасних нанотехнологій, що в подальшому створює добру фундаментальну і практичну базу знань для виконання дисертаційної роботи в даній галузі знань. Метою лабораторних робіт є розвиток у студентів навиків самостійної роботи, можливість практичного освоєння методів дослі-

	дження термодинамічних властивостей металів та сплавів, вміння аналізувати діаграми стану, методи узагальнення отриманих експериментальні дані за допомогою складання таблиць, побудови графіків та діаграм, комп'ютерний розрахунок та обробка отриманих даних.
Література для вивчення дисципліни	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. М. Строшио, М. Дугта. Фонони в наноструктурах. Кембрідж 2001, 319с. 2. Н. Марч, М. Тоси. Движение атомов жидкости. М. Metallургия, 1980. 3. Динамические свойства твердых тел и жидкостей под. ред. С. Лавси и Т. Шпрингера, М. «Мир», 1980, 486с. 4. Шпак А.П. Кластерные и наноструктурные материалы / А.П.Шпак, Ю.А.Куницкий, В.Л.Карбовский) –К. : Академперіодика, 2001. Т 1. 5. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. К.: Академперіодика, 2003. – 310с. 6. Энциклопедия неорганических материалов. Т.1, 2. – Киев: УСЭ, 1977. 7. Физическая энциклопедия. Т. 1-5. – М.: БРЭ, 2003. 8. Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, Ю.І. Якименко. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: Навчальний посібник. К.: НТУУ "КІП", 2012. 300 с. 9. Н.А. Азаренков, А.А. Веревкин, Г.П. Ковтун, С.В. Литовченко. Нанотехнологии и наноматериалы. Харків, 2009.
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 32 год лекцій, 16 год практичних занять, та 42 год самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу аспірант буде:</p> <p>знати: основи діелектричної континуальної моделі для опису оптичних фононів і континуальної моделі для опису акустичних фононів в розмірно обмежених структурах і пояснити відмінність атомної динаміки в таких структурах від динамічних характеристик атомів у масивних речовинах і пояснити механізм впливу розмірного фактора на динамічні властивості атомів у конденсованих середовищах.</p> <p>вміти: якісно і кількісно аналізувати та інтерпретувати експериментальні результати з динамічних властивостей атомів для наносистем різної розмірності і порівнювати їх з аналогічними характеристиками масивних матеріалів, а також знаходити взаємозв'язок між параметрами атомної динаміки і фізичними властивостями наномасштабних матеріалів.</p>
Ключові слова	атомна динаміка, фонони, наноструктури
Формат курсу	очний/заочний
	проведення лекцій, семінарських робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1 і табл. 2

Підсумковий контроль, форма	іспит у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу аспіранти потребують базових знань з фізики твердого тіла, термодинаміки, спектроскопії, квантової механіки, молекулярної фізики
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, дискусія
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • практичні заняття: 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50; • іспит: 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50.
Питання до модульних контролів (замірив знань)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Теплові коливання атомів у кристалі. Фонони. 2. Поняття про наноматеріали. основи класифікації і типи структур наноматеріалів. 3. Моделі на основі матриць переносу для наноструктур з багатьма поверхнями розділу. 4. Основні типи структур наноматеріалів. 5. Особливості властивостей наноматеріалів та основні напрями їхнього використання. 6. Основи класифікації наноматеріалів. 7. Фізичні причини специфіки наноматеріалів. 8. Фонони і механізм плавлення. 9. Питома теплоємність та її температурна залежність. 10. Основні сфери застосування наноматеріалів і можливі обмеження. 11. Фізичні властивості наноструктурних матеріалів. 12. Залежність температури Дебая наноматеріалів від їхніх розмірів і форм. 13. Методи експериментального дослідження атомної динаміки у наноструктурах. 14. Температура Дебая наночастинок та її залежність від розміру. 15. Розмірна залежність фізичних властивостей наноматеріалів. 16. Температура плавлення і розмірний ефект. 17. Температура Дебая наноматеріалів. 18. Вплив розміру частинки на густину електронних станів.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу “Атомна динаміка в твердих тілах”

Ти- жде нь	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова літерату- ра / ресурс для вико- нання завдань (за потреби)	Термін вико- нання
1 2	Загальна характеристика фононів в наноструктурах. Фононні процеси в макроскопічних твердих тілах та їх зв'язок з фізичними характеристиками. Електрон-фононна взаємодія. Особливості атомних коливань в наноструктурах. Лнійні одно- і двохатомні ланцюжки. Ціленаправлена зміна характеру фононних взаємодій при створенні нанопристроїв.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год		2 тиж- ні
3 4	Вивчення оптичних і акустичних мод методом коливної спектроскопії Залежність частоти оптичної моди і зсуву частоти акустичної моди від розміру наночастинки. Раманівська спектроскопія поверхневих шарів наночастинки. Фононне обмеження. Вплив розміру частинки на густину електронних станів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год		2 тиж- ні
5 6	Фонони і основні фізичні властивості наночастинок. Температура Дебая наночастинок та її залежність від розміру. Фонони і механізм плавлення. Температура плавлення і розмірний ефект. Питома теплоємність та її температурна залежність. Плазмонні коливання.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год		2 тиж- ні
7 8	Оптичні моди у розмірно обмежених структурах Електрон-фононна взаємодія в в 2D нанорозмірних структурах. Діелектрична континуальна модель. Моделі на основі матриць переносу для наноструктур з багатьма поверхнями розділу. Порівняння континуальної і мікроскопічної моделі фононів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год		2 тиж- ні

9 10	Континуальна модель акустичних фононів у розмірно-обмежених структурах. Акустичні фонони у гетероструктурах. Акустичні фонони у квантових дротах з прямокутним перерізом. Акустичні фонони у циліндричних структурах. Акустичні фонони у квантових точках.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
11 12	Розсіяння носіїв на фононах. Розсіяння носіїв на поздовжніх оптичних фононах у квантових дротах. Колективні ефекти і нерівноважні фонони. Розсіяння носіїв на акустичних фононах. Розсіяння в двовимірних структурах. Розсіяння носіїв на акустичних фононах у квантових дротах.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
13 14 15 16	Методи експериментального дослідження атомної динаміки у наноструктурах. Прямі і непрямі методи. Нейтронна дифракція і атомна динаміка. Динамічний структурний фактор та його інтерпретація. Колективні явища у неупорядкованих просторово-обмежених структурах. Раманівська спектроскопія.	Лекції – 8 год, самостійна робота – 6 год		4 тижні

Таблиця 2

Теми практичних занять

Тиждень	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	Розрахунок температури Дебая для наночастинок чистих металів.	практ. заняття – 2 год	2 тижні
3	Методика отримання раманівських спектрів та їх інтерпретація	практ. заняття – 2 год	2 тижні
5	Комп'ютерний розрахунок густини коливань станів	практ. заняття – 2 год	2 тижні
7	Вивчення фононних властивостей методом високотемпературної рентгенографії	практ. заняття – 2 год	2 тижні
9	Колективні явища в рідинних наносистемах	практ. заняття – 2 год	2 тижні
11	Отримання динамічного структурного фактора методом некогерентного розсіяння нейтронів	практ. заняття – 2 год	2 тижні
13, 15	Розрахунок теплоємності наносистем	практ. заняття – 4 год	4 тижні