

**СИЛАБУС
навчальної дисципліни
“ Фізика твердого тіла ”**

Галузь знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни	вибіркова
Викладач (розробник)	
	<p>Кульментєв Олександр Іванович, Доктор фізико-математичних наук, kulmentev@ukr.net Інститут прикладної фізики НАН України, вул. Петропавлівська, 58, м. Суми</p>
Загальна інформація про дисципліну	
Анотація	Курс «Фізика твердого тіла» дає можливість ознайомити аспірантів з апаратом фізики твердого тіла, властивостями кристалічних та неупорядкованих, в тому числі опромінених радіацією твердих тіл, теоретичними методами опису явищ в них та розрахунку вимірюваних величин.
Мета	Метою викладання дисципліни є ознайомлення аспірантів з основними положеннями фізики твердого тіла, методами теоретичного опису явищ в них, та засвоєння методів розрахунку вимірюваних фізичних величин, що характеризують процеси в твердому тілі та сформувані у аспірантів базові знання про характеристики та властивості твердого тіла, сформувані вміння теоретичного опису твердотільних систем, розрахунку вимірюваних величин, що їх характеризують.
Результати навчання	<p>Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі</p> <p>Компетентності:</p> <p><i>базові знання про характеристики та властивості твердого тіла, вміння теоретичного опису твердотільних систем та розрахунку вимірюваних величин, що їх характеризують.</i></p> <p>Результати навчання:</p> <p><i>Знати основні поняття про структуру та енергетичний спектр кристалів, основні механічні, оптичні, електричні і магнітні властивості твердих тіл, експериментальні</i></p>

	<i>методи фізики твердого тіла. Вміти розраховувати електронні кінетичні властивості твердих тіл, записувати рівняння для опису фазових переходів, записувати рівняння для опису надпровідності</i>	
Обсяг дисципліни	Кількість кредитів – 4 Загальна кількість годин — 120 год.: <ul style="list-style-type: none"> ○ Лекції — 32 год; ○ Практичні — 14 год; ○ Семінарські – 4 год.; ○ Самостійна робота — 70 год. 	
Форма підсумкового контролю	Залік	
Опис навчальної дисципліни		
Лекційні заняття		
№ з/п	Назви тем	К-сть годин
1.	Тема 1. Поняття про фізику твердого тіла Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індeksi Мілера. Точкові і просторові групи. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.	2
2.	Тема 2. Основні типи дефектів в твердих тілах Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах. Вплив радіаційних, механічних та термічних дій на реальну структуру твердих тіл.	2
3.	Тема 3. Типи взаємодій в твердому тілі Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних та молекулярних кристалів. Щільнозапаковані структури.	2
4.	Тема 4. Невпорядковані тверді тіла Аморфні тіла - методи отримування та дифракційного дослідження структури. Рідинні кристали. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.	2
5.	Тема 5. Квазічастинки в твердому тілі Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок.	2
6.	Тема 6. Оптичні та акустичні фонони Коливання кристалічної решітки - фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки, Дебаївська частота. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Ангармонізм та теплове розширення.	2
7.	Тема 7. Електронні стани в кристалах Одноелектронна модель, Наближення слабо і сильнов'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна	2

	теплоємність, поверхня Фермі. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невідроджених напівпровідниках.	
8.	Тема 8. Кінетичні явища Кінетичні рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах. Електрон-фононі зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.	2
9.	Тема 9. Напівпровідники Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, р-п-переходи. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.	2
10.	Тема 10. Теплоємність Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.	2
11.	Тема 11. Механізми поглинання фотонів Поглинання вільними носіями. Решітчаті поглинання. Багатофононні процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання зв'язаними носіями. Правила відбору. Міжзонні прямі та непрямі переходи. Люмінесценція кристалів. Рекомбінаційне випромінювання в діелектриках та напівпровідниках. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери.	2
12.	Тема 12. Ефективне поле Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів.	2
13.	Тема 13. Рівновага фаз Рушійна сила фазових переходів. Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Вплив викривлення поверхні на фазову рівновагу. Формула Томсона. Правило фаз. Фазові 9 переходи I і II роду. Дифузійні та без-дифузійні претворення у двокомпонентних системах. Мартенситні перетворення. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих розчинів.	2
14.	Тема 14. Переходи метал-діелектрик в системі електронів Перехід Андерсона. Край рухливості в електронному спектрі. Перехід Мотта. Флуктуації, Тверді розчини та проміжні фази.	2
15.	Тема 15. Основні властивості надпровідників Ефект Мейснера. Надпровідники I і II роду. Основи мікроскопічної та термодинамічної теорій. Куперовські пари. Енергетична щілина і квазічастинки в надпровіднику. Тунельний ефект. Ефект Джозефсона. Високотемпературна надпровідність.	2
16.	Тема 16. Рентгенографія - методи досліджень ідеальної та реальної структури Електроннографія та електронна мікроскопія. Нейтронографія, пружне та непружне когерентне розсіювання, дослідження магнітних структур і фононних спектрів. Електричні та гальваномагнітні вимірювання як методи вивчення електронної структури кристалів і складу домішок у напівпровідниках. Оптичні методи досліджень, використання лазерних джерел світла.	2
Разом (год.)		32
Теми практичних занять		
1	Поняття про фізику твердого тіла	2

2	Невпорядковані тверді тіла	2
3	Квазічастинки в твердому тілі	2
4	Оптичні та акустичні фонони	2
5	Електронні стани в кристалах	2
6	Кінетичні явища	4
Разом (год.)		14
Теми семінарських занять		
1	Будова кристалів.	
2	Дефекти в кристалах	
Самостійна робота Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять		
1.	Поняття про фізику твердого тіла	4
2.	Основні типи дефектів в твердих тілах	6
3.	Типи взаємодій в твердому тілі	4
4.	Невпорядковані тверді тіла	4
5.	Квазічастинки в твердому тілі	4
6.	Оптичні та акустичні фонони	4
7.	Електронні стани в кристалах	4
8.	Кінетичні явища	4
9.	Напівпровідники	4
10.	Теплоємність	6
11.	Механізми поглинання фотонів	4
12.	Ефективне поле	4
13.	Рівновага фаз	4
14.	Переходи металдіелектрик в системі електронів	4
15.	Основні властивості надпровідників	4
16.	Рентгенографія - методи досліджень ідеальної та реальної структури	6
Разом (год.)		70

ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

Сумативне оцінювання

1.1. Для оцінювання очікуваних результатів навчання передбачено

№	Методи сумативного оцінювання	Бали / Вага у загальній оцінці	Дата складання
1.	Практичні заняття	48 балів / 48 %	Згідно графіка навчального процесу
2.	Семінарські заняття	12 балів / 12 %	
3.	Атестація (тест множинного вибору)	20 балів / 20%	
4.	Виконання індивідуальних завдань	20 балів / 20%	

1.2. Критерії оцінювання

№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання
1	Практичні заняття (6 занять)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 8-6 бали; - добрі відповіді 6-3 балів; -задовільні, достатні відповіді 3-1 бал. Максимум: 48 балів.
2	Семінарські заняття (2 заняття)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 6-5 бали; - добрі відповіді 4-3 балів; -задовільні, достатні відповіді 2-1 бал. Максимум: 12 балів
3	Атестація (тест множинного вибору) (2 тести)	Залежить від кількості вірних відповідей на тест: - 90% правильних відповідей 10-9 балів; - 80% правильних відповідей 8-7 бали; -70% правильних відповідей 6-5 бали; -60% правильних відповідей 5-4 бали; -50% правильних відповідей 3-1 бал; <50% правильних відповідей 0 балів; Максимум: 20 балів.
4	Індивідуальні завдання (4 завдання)	- Завдання виконано, аспірант добре орієнтується в матеріалі 5 балів. - Завдання виконані з незначними помилками, аспірант не достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі 3-4 бали. - Завдання виконане не в повній мірі, аспірант не достатньо орієнтується в матеріалі 1-2 балів. - Завдання не виконане або виконане не вірно 0 балів. Максимум: 20 балів.

Методичне забезпечення

1. Тексти та конспекти лекцій
2. Методичні розробки для аспірантів з практичних занять
3. Доступ та опрацювання он-лайн ресурсів

Рекомендована література

Базова

1. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. Львів: вид-во ЛНУ ім. І. Франка. – 2003.- 480 с.
2. Подопригора Н.В. Фізика твердого тіла: навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2014. – 416 с.
3. Поплавко Ю. М. Фізика твердого тіла: підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. – Київ :КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетика. – 415 с.
4. Курик М. В., Цмоць В. М. Фізика твердого тіла. - Київ: Вища школа.- 1984.- 247 с.

Допоміжна

1. Steven H. Simon. Lecture Notes for Solid State Physics (3rd Year Course 6) Hilary Term 2012 Oxford University: <https://www-thphys.physics.ox.ac.uk/people/SteveSimon/condmat2012/LectureNotes2012.pdf>
2. Ashcroft, N.W. and Mermin, N.D. Solid State Physics. Saunders College, Philadelphia,– 1976–

116, 217.

3. Kittel, Charles; McEuen, Paul (2018). Introduction to solid state physics (Global ed.,9th ed.). New Jersey: Wiley. p. 692. ISBN 978-1-119-45416-8. OCLC 1097548279

Академічна доброчесність

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись Етичного кодексу ученого України. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право і сум права; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

У випадку порушення академічної доброчесності – реагування відповідно до «Положення про академічну доброчесність в ІПФ НАН України».