

І СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну	
Повна назва навчальної дисципліни	Кінетичні явища в плівкових матеріалах
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій, кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Розробник	Проценко Іван Юхимович д. ф.-м. н., професор
Рівень вищої освіти	третій рівень (доктор філософії)
Семестр вивчення навчальної дисципліни	Весняний семестр (4-й семестр)
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, з яких 50 годин становить контактна робота з викладачем (30 годин лекцій, 20 годин практичних занять), 100 годин становить самостійна робота
Мова(и) викладання	Українська
2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі	
Статус дисципліни	Вибіркова навчальна дисципліна для всіх освітніх програм спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали
Передумови для вивчення дисципліни	Необхідність запровадження такого курсу для аспірантів спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали обумовлена необхідністю дати належну теоретико-методологічну підготовку докторам філософії для розв’язання теоретичних і практичних задач у своїй професійній діяльності з використанням фундаментальних та спеціальних розділів фізики твердого тіла; електронної теорії та фізики тонких плівок.
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні
3. Мета навчальної дисципліни	

Метою навчальної дисципліни є розширення та поглиблення знань в галузі електронної теорії речовини, прикладної фізики, фізики тонких плівок та прикладних питань наноматеріалознавства; уміння фахівців розв'язувати практичні задачі із використанням фундаментальних та практичних методів фізики твердого тіла, прикладних методів фізики тонких плівок та електронної теорії речовини.

4. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Елементи зонної теорії металів.

Модель майже вільних електронів

Енергетичний стан одиночного електрона. Утворення енергетичної зони електронів. Модель Друде. Модель Зомерфельда. Функція розподілу електронів Фермі-Дірака. Модель Кронінга- Пенні. Якісна характеристика матеріалів з точки зору ширини забороненої зони. Теорія Блоха.

Тема 2. Квантова теорія провідності металів.

Теорія провідності Дебая-Грюнайзена

Моттівське розсіювання електронів. Температурна залежність питомого опору і термічного коефіцієнту опору в d- металах. Електрон-фононна, електрон-електронна і електрон-магнетонна взаємодія. Теорія провідності тонких плівок Фукса. Температурна залежність опору тонких плівок. Особливості температурної залежності питомого опору в тонких плівках. Об'єднання моттівської і високотемпературної електрон-фононної взаємодії. Особливості температурної залежності питомого опору і ТКО у плівках магнітних і немагнітних металів із ОЦК, ГЦК і ГЦП решіткою.

Електропровідність

Особливості розсіювання електронів провідності у гранульованих плівкових сплавах або двошарових полікристалічних плівках. Теорія провідності гранульованих плівкових сплавів. Теорія провідності двошарових плівок.

Тема 3. Кінетичні явища в тензочутливості

Теорія провідності і тензоефекту у двошарових плівкових системах (мікроскопічна модель для монокристалічних плівок). Мікроскопічна модель провідності і тензоефекту у двошарових полікристалічних плівкових системах. Порівняння із експериментальними даними. Теорія температурної залежності коефіцієнтів тензочутливості. Порівняння із експериментальними даними.

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1.	Розуміти суть температурних ефектів у електропровідності масивних металів та тонких плівок
РН2.	Знати механізми розсіювання електронів та їх вплив на питомий опір та ТКО
РН3.	Уміти систематизувати значний об'єм матеріалу, що міститься у наукових роботах з фізики твердого тіла, електронної теорії наноматеріалів, з прикладних питань фізики тонких плівок.
РН4.	Виявляти здатність до самонавчання та професійного саморозвитку

6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна:
1. Презентувати і обговорювати результати своєї наукової діяльності державною та іноземними мовами в усній і письмовій формах, розуміти іншомовні професійні, наукові та навчальні публікації з відповідної тематики.
2. Виконувати наукові дослідження з прикладної фізики та наноматеріалознавства, аналізувати результати власних досліджень і презентувати їх результати в наукових публікаціях.
7. Види навчальних занять та навчальної діяльності
7.1 Види навчальних занять
Видами навчальних занять при вивченні дисципліни є лекції (Л) та практичні заняття (ПЗ) Тема 1. Елементи зонної теорії металів. <i>Модель майже вільних електронів</i> Л 1. Енергетичний стан одиночного електрона. Утворення енергетичної зони електронів. Л 2. Модель Друде. Модель Зомерфельда. Функція розподілу електронів Фермі-Дірака. Л 3. Модель Кронінга- Пенні. Л 4. Якісна характеристика матеріалів з точки зору ширини забороненої зони. Теорія Блоха. Тема 2. Квантова теорія провідності металів. <i>Теорія провідності Дебая-Грюнайзена</i> Л 5. Моттівське розсіювання електронів. Л 6. Температурна залежність питомого опору і термічного коефіцієнту опору в d- металах. Електрон-фононна, електрон-електронна і електрон-магنونна взаємодія. Л 7. Теорія провідності тонких плівок Фукса. Л 8. Температурна залежність опору тонких плівок. Особливості температурної залежності питомого опору в тонких плівках. Л 9. Об'єднання моттівської і високотемпературної електрон-фононної взаємодії. Л 10. Особливості температурної залежності питомого опору і ТКО у плівках магнітних і немагнітних металів із ОЦК, ГЦК і ГЦП решіткою. <i>Електропровідність гранульованих плівкових сплавів та двошарових плівок</i> Л 11. Особливості розсіювання електронів провідності у гранульованих плівкових сплавах або двошарових полікристалічних плівках. Л 12. Теорія провідності гранульованих плівкових сплавів. Теорія провідності двошарових плівок. Тема 3. Кінетичні явища в тензочутливості Л 13. Теорія провідності і тензоефекту у двошарових плівкових системах (мікроскопічна модель для монокристалічних плівок). Л 14. Мікроскопічна модель провідності і тензоефекту у двошарових полікристалічних плівкових системах. Порівняння із експериментальними даними. Л 15. Теорія температурної залежності коефіцієнтів тензочутливості. Порівняння із експериментальними даними. ПЗ 1-2. Класичні моделі електропровідності . ПЗ 3. Квантова теорія провідності Дебая-Грюнайзена. ПЗ 4. Температурна залежність провідності масивних і плівкових матеріалів. ПЗ 5. Провідність двошарових нанометалевих плівок. ПЗ 6-7. Провідність гранульованих плівкових сплавів.

ПЗ 8. Кінетичні явища у тензочутливості нанорозмірних плівок.

ПЗ 9-10. Кінетичні ефекти у температурній залежності коефіцієнтів тензочутливості.

7.2 Види навчальної діяльності

Індивідуальна робота над підготовкою доповідей з використанням мультимедійної презентації за темами семінарів відповідно до варіантів.

Відповіді на практичних та семінарських заняттях.

8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1. Лекції-візуалізації із використанням мультимедійних засобів навчання.

МН2. Практичні заняття.

МН3. Самостійна робота з вивчення електронних матеріалів з можливістю консультацій очних та онлайн.

9. Методи та критерії оцінювання

9.1. Критерії оцінювання

Оцінювання знань аспірантів здійснюється за 100- бальною шкалою, яка переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ECTS –A, B, C, D, E, FX, F) відповідно до таблиці:

Сума балів	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	Визначення
90-100	A	відмінно	Вимоги виконано у повному обсязі
82-89	B	добре	Неповне виконання вимог / виконання з незначною кількістю помилок
74-81	C		Неповне виконання вимог з певною кількістю помилок
64-73	D	задовільно	Часткове виконання вимог
60-63	E		Виконання задовольняє мінімальні критерії
35-59	FX	незадовільно	Можливе повторне складання
0-3 4	F	неприйнятно	Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни

1. Якщо аспірант під час виконання передбачених навчальним планом видів робіт до залікового тижня набрав загальний рейтинговий бал, що відповідає позитивній оцінці (60 балів і більше), цей результат заноситься в залікову екзаменаційну відомість без можливості його покращення. Підвищення оцінки на заході ПСК не передбачене. Якщо аспірант не набрав загальний рейтинговий бал, який відповідає позитивній оцінці (60 балів і більше), вважається, що він має заборгованість з дисципліни з процедурою її ліквідації, описаною у п. 2.

2. Умови ліквідації заборгованостей з поточної роботи.

а) Протягом семестру, до залікового тижня, за рішенням викладача аспірант може надаватися можливість доопрацювання завдань та контрольних робіт, що передбачені планом

роботи, з метою підвищення оцінки.

Даний пункт не розповсюджується на випадок п. 3 стосовно порушень принципів академічної доброчесності.

б) При отриманні за наслідками роботи за семестр загального рейтингового балу, що відповідає незадовільній оцінці FX (не менше 35 балів), аспірантові надається право на дворазове складання (викладачеві та комісії) заходу підсумкового семестрового контролю (ПСК), за правилами, що визначені у п.п. в-з;

в) Складання заходу ПСК, відбувається після завершення екзаменаційної сесії за додатковою відомістю семестрової атестації. Аспірант має право на два складання заходу ПСК: викладачеві та комісії. У разі незадовільного складання заходу ПСК комісії аспірант отримує оцінку «незадовільно».

г) Завдання ПСК являють собою набір тестів. Успішне складання передбачає правильні відповіді на 60 % та більше від загальної кількості питань ПСК.

д) За умови успішного складання заходу ПСК аспірант отримує оцінку «задовільно, 60 балів, «E» за шкалою ECTS, яка засвідчує виконання студентом мінімальних вимог без урахування накопичених балів та реальної кількості наданих правильних відповідей на тестові завдання ПСК.

е) Під час складання заходу ПСК оцінювання здійснюється з урахуванням рейтингових балів, отриманих за підсумком роботи за семестр, але без урахування модульних атестацій. 1 (один) рейтинговий бал прирівнюється до 1 (одного) відсотка отриманих за захід ПСК.

ж) Аспіранту надається право на виправлення оцінки за домашні (творчі) завдання. Отримані у такий спосіб бали будуть враховані у оцінці за ПСК у спосіб, описаний у п.п. е). Прийом виконаних або виправлених завдань припиняється не пізніше, ніж за три доби до заходу ПСК.

з) У разі незадовільного складання заходу ПСК комісії аспірант отримує оцінку «незадовільно» з сумою балів, яка відповідає результату, набраному за підсумком роботи за семестр з урахуванням усіх доопрацювань, але без урахування результатів відповідей на питання тестових завдань ПСК. Тобто, набрані на заході ПСК тести у разі незадовільного складання не зараховуються як підсумкові за роботу протягом семестру.

3. Дотримання принципів академічної доброчесності. У випадку порушення норм академічної доброчесності під час виконання завдання, зокрема академічного плагіату, аспірант отримує 0 (нуль) балів за завдання. При цьому викладач повинен надати докази факту порушення.

9.2 Методи поточного формативного оцінювання

За дисципліною передбачені такі методи поточного формативного оцінювання: тестове опитування під час лекцій за допомогою сервісу GoogleForms (ТЛ), оцінювання виконаних практичних робіт (ОВПР), оцінювання виконаних творчих завдань (ОВТЗ)

9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

У відповідності до регламенту аспірант має можливість отримати максимальну кількість балів у відповідності до видів завдань за таким переліком

- а) Експрес-тести на лекційних заняттях (ТЛ) – до 15 балів за всі лекції (усього 15 лекцій);
- б) Виконання та захист практичних робіт (ПЗ) – до 30 балів за всі практичні роботи (усього 10 практичних робіт);
- в) Виконання творчих завдань (3 запланованих завдання) – по 5 балів кожне, загалом до 15 балів;
- г) Складання письмових модульних контролів – 2 роботи (модульний контроль у I-му мо-

дульному циклі – 20 балів; модульний контроль у II-му модульному циклі – 20 балів) всього 40 балів.

10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

10.1 Засоби навчання

Мультимедійний проєктор для проведення Л. та ПЗ (МП)

10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література:

1. Pazukha, I. M., Protsenko I.Yu. Theoretical methods of investigation of thin film materials properties : study guide. – Sumy : Sumy State University, 2017. – 102 p.

2. Проценко І.Ю., Однодворець Л.В. Технологія одержання і фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки (практикуми): навчальний посібник . – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 231 с.

3. Singleton John. Band Theory and Electronic Properties of Solids.- London.- 2014,- 222p.

Додаткова література:

4. Проценко І.Ю., Сасенко В.А. Тонкі металеві плівки (технологія та властивості).- Суми: Вид-во СумДУ, 2002.- 186 с.