

I СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну	
Повна назва навчальної дисципліни	Теоретико-методологічні основи прикладної фізики
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	Шкурдода Юрій Олексійович д. ф.-м. н., доцент
Рівень вищої освіти	Для усього контингенту
Семестр вивчення навчальної дисципліни	16 тижнів протягом 3-го семестру
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, з яких 48 години становить контактна робота з викладачем (16 годин лекцій, 32 години практичних занять), 102 години становить самостійна робота
Мова(и) викладання	Українською мовою
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 належної теоретико-методологічної підготовки до розв'язання ними практичних задач у своїй професійній діяльності з використанням фундаментальних та спеціальних методів фізики, матеріалознавства і електроніки.
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні
3. Мета навчальної дисципліни	

Метою навчальної дисципліни є розширення та поглиблення знань фахівців в галузі прикладної фізики та наноматеріалів, здатних формулювати, узагальнювати та розв'язувати практичні задачі у своїй професійній діяльності з використанням фундаментальних та спеціальних методів фізики, матеріалознавства, математики і електроніки, та експлуатувати відповідне технологічне обладнання.

4. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Ефекти, пов'язані зі спіном електрона

Диполь-дипольна взаємодія між спінами

Розрахунок напруженості магнітного диполя. Енергія магнітного моменту в магнітному полі. Взаємодія спіну електрона із зовнішнім магнітним полем. Прецесія електронної орбіти навколо магнітного поля. Орбітальний і спіновий магнітні моменти оболонок багатоелектронних атомів. Правило додавання моментів. Спін-орбітальна взаємодія.

Динаміка намагніченості

Спінові хвилі у феромагнетику. Квантування спінових свиль. Теплоємність магнітонів. Закон Блоха. Електронний парамагнітний резонанс. Феромагнітний резонанс. Спін-хвильовий резонанс.

Інжекція та накопичення спінів

Процеси, що супроводжують спінову інжекцію. Спіновий дрейф і дифузія.

Спінова поляризація

Асиметрія електронних станів. Асиметрія електронного транспорту. Модель спінової інжекції. Спінова інжекція та спінова екстракція. Спін-зарядовий зв'язок Сілсбі–Джонсона.

Тема 2. Спінові явища в нанорозмірних структурах

Явища в тунельних магнітних контактах

Квантове тунелювання. Тунельний магнітоопір. Теоретичний опис тунельного магнітоопору. Спільні і відмінні риси гігантського і тунельного магніторезистивних ефектів

Двомірний електронний газ і його властивості

Енергетичні зони на межі двох напівпровідників. Спектр носіїв заряду в квантовій ямі.

Електронний транспорт і COB у 2DEG системах

Концепції спінового транзистора. Геометрична фаза Беррі: загальні ідеї. Динаміка електронів у електричному полі. Ефекти Холла. Квантовий ефект Холла. Аномальний ефект Холла. Квантовий спін-Холл ефект. Феноменологія квантового спін-Холл ефекту

Матеріали спінтроніки та спінтронні прилади

Наноккомпозити з аморфних сплавів у діелектричній матриці. Спіновий польовий транзистор. Спіновий світло випромінюючий діод.

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1.	Розуміти суть спінових явищ в низькорозмірних структурах
РН2.	Знати механізми спінових, електронних, магнітних, фотоелектронних процесів, що відбуваються в низько розмірних структурах за різних умов
РН3.	Уміти систематизувати значний обсяг матеріалу, що міститься в наукових роботах з фізики твердого тіла, фізики напівпровідників та квантової оптоелектроніки

РН4.	Виявляти здатність до самонавчання та професійного саморозвитку
6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів	
Програмні результати, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна:	
Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачає застосування фізичних та математичних теорій, методів, алгоритмів, інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення	
Здатність працювати з інформацією: знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, потрібну для розв'язання професійних завдань	
Знання окремих понять прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії та окремих об'єктів і природних явищ, які є предметом дослідження інших природничих наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень	
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. Ефекти, пов'язані зі спіном електрона	
Л 1. Диполь-дипольна взаємодія між спінами. Розрахунок напруженості магнітного диполя. Енергія магнітного моменту в магнітному полі. Взаємодія спіну електрона із зовнішнім магнітним полем. Прецесія електронної орбіти навколо магнітного поля. Орбітальний і спіновий магнітні моменти оболонок багатоелектронних атомів. Правило додавання моментів. Спін-орбітальна взаємодія.	
Л 2. Динаміка намагніченості. Спінові хвилі у феромагнетику. Квантування спінових хвиль. Теплоємність магнітонів. Закон Блоха. Електронний парамагнітний резонанс. Феромагнітний резонанс. Спін-хвильовий резонанс.	
Л 3. Інжекція та накопичення спінів. Процеси, що супроводжують спінову інжекцію. Спіновий дрейф і дифузія.	
Л 4. Спінова поляризація. Асиметрія електронних станів. Асиметрія електронного транспорту. Модель спінової інжекції. Спінова інжекція та спінова екстракція. Спін-зарядовий зв'язок Сілсбі–Джонсона.	
Тема 2. Спінові явища в нанорозмірних структурах	
Л 5. Явища в тунельних магнітних контактах. Квантове тунелювання. Тунельний магнітоопір. Теоретичний опис тунельного магнітоопору. Спільні і відмінні риси гігантського і тунельного магніторезистивних ефектів.	
Л 6. Двовірний електронний газ і його властивості. Енергетичні зони на межі двох напівпровідників. Спектр носіїв заряду в квантовій ямі.	
Л 7. Електронний транспорт і СОВ у 2DEG системах. Концепції спінового транзистора. Геометрична фаза Беррі: загальні ідеї. Динаміка електронів у електричному полі. Ефекти Холла. Квантовий ефект Холла. Аномальний ефект Холла. Квантовий спін-Холл ефект. Феноменологія квантового спін-Холл ефекту.	
Л 8. Матеріали спінтроники та спін тронні прилади. Наноккомпозити з аморфних сплавів у діелектричній матриці. Спіновий польовий транзистор. Спіновий світло випромінюючий діод.	
ПЗ 1. Диполь-дипольна взаємодія між спінами.	
ПЗ 2 – 4. Розрахунок напруженості магнітного диполя. Енергія магнітного моменту в	

магнітному полі. Взаємодія спіну електрона із зовнішнім магнітним полем.

ПЗ 5 – 7. Динаміка намагніченості. Спінові хвилі у феромагнетику. Квантування спінових хвиль. Теплоємність магнітонів. Закон Блоха. Електронний парамагнітний резонанс.

ПЗ 8 – 10. Асиметрія електронних станів. Асиметрія електронного транспорту. Модель спінової інжекції. Спінова інжекція та спінова екстракція. Спін-зарядовий зв'язок Сілсбі–Джонсона.

ПЗ 11. Теоретичний опис тунельного магнітоопору.

ПЗ 12 – 13. Концепції спінового транзистора. Геометрична фаза Беррі: загальні ідеї. Динаміка електронів у електричному полі. Ефекти Холла.

ПЗ 14 – 16. Матеріали спінтроники та спін тронні прилади. Наноккомпозити з аморфних сплавів у діелектричній матриці. Спіновий польовий транзистор. Спіновий світло випромінюючий діод.

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
0-34	F	неприйнятно	Необхідний повторний курс знавчальної 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 уп.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 успіб, 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 8 балів за всі лекції (усього 8 лекцій);

б) Виконання та захист практичних робіт (ПЗ) – до 50 балів за всі практичні роботи (усього 16 практичних робіт);

в) Виконання творчих завдань (2 запланованих завдання) – по 5 балів кожне, загалом до 10 балів;

г) Складання письмових модульних контролів – 2 роботи (модульний контроль у І-му модульному циклі – 16 балів; модульний контроль у ІІ-му модульному циклі – 16 балів) всього 32 бали.

10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

10.1 Засоби навчання	Мультимедійний проектор для проведення Л. та ПЗ (МП)
10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення	Основна література: 1. Проценко І.Ю., Чорноус А.М., Проценко С.І. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів. Електронне видання / За ред. І.Ю. Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2020. – 270с. 2. Данильченко С. М. Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів: навчальний посібник / С.М. Данильченко, В. М. Кузнецов, І. Ю. Проценко. – Суми: Сумський державний університет, 2019. –135 с. 3. Кшнякін, В.С. Основи фізичного матеріалознавства [Текст]: навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.1 / В.С. Кшнякін, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. - Суми: СумДУ, 2015. - 329 с. Додаткова література: 1. Псевдоспін-вентильні структури: принципи формування, магніті та магніторезистивні властивості [Електронний ресурс]: монографія / І.М. Пазуха, С.І. Проценко, І.В. Чешко, Ю.О. Шкурдода; за заг. ред. С.І. Проценка та І.М. Пазухи. - Електронне вид. каф. Електроніки, заг. та прикладної фізики. - Суми: СумДУ, 2019. - 157 с