Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Радіофізичний факультет
Кафедра електрофізики

Укладач: доц. Сохацький В.П.

Магнітооптика та фотомагнетизм

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

для студентів спеціальності 8.070201 «Радіофізика і електроніка»

Затверджено
на засіданні кафедри електрофізики
протокол №4 від 29 квітня 2012 р.

Зав. кафедри
_____*Савенков С.М.*

Декан факультету
_____*Анісімов І. О.*

КИЇВ – 2012

Робоча навчальна програма з дисципліни «Магнітооптика та фотомагнетизм».

Укладач: канд. фіз.-мат. наук, доц. Сохацький Володимир Петрович

Лектор: канд. фіз.-мат. наук, доц. Сохацький В.П.

Викладач: канд. фіз.-мат. наук, доц. Сохацький В.П.

Погоджено
з науково-методичною комісією

«_____» 2012_ р.

Обуховський В.В.

ВСТУП

Дисципліна «Магнітооптика та фотомагнетизм» є курсом самостійного вибору циклу професійної підготовки на кафедрі електрофізики фахівців рівня "магістр" для спеціальності «радіофізика і електроніка». Викладається в II семестрі в обсязі 3 кредитів за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECT8, в тому числі 51 година аудиторних занять (51 година лекцій) і 10 годин самостійної роботи. Підсумковий контроль у II сем. проводиться у формі заліку.

В сучасній фізиці та електроніці значну роль відіграють магнітні та магнітооптичні явища, які в багатьох випадках стають основою для практичної реалізації нових ідей, технологій, пристроїв або складовою частиною функціональних пристроїв електроніки найближчого майбутнього.

Пропонований курс включає в себе викладення основ фізики низькорозмірних явищ; характеристика основних типів наноструктур; ознайомлення з фізичними моделями, що застосовуються для опису їх властивостей; технологічними методами отримання, а також найбільш ефективним сучасним та перспективним застосуванням. Курс розрахований на майбутніх спеціалістів, зайнятих як науковою діяльністю у галузі фундаментальних фізичних досліджень, так і розробників функціональних пристроїв, що працюють на нових принципах керування властивостями речовини на молекулярному рівні і в яких використовуються магнітні, оптичні явища, спін-залежний транспорт, квантові ефекти в нанорозмірних структурах

Мета і завдання навчальної дисципліни «Магнітооптика та фотомагнетизм»:
ознайомлення студентів з сучасним станом фізики магнітних явищ, та явищ взаємодії оптичного випромінювання з носіями зарядів, їх спінами, розробки теорій та пристроїв спінової електроніки тощо.

Курс розрахований на майбутніх спеціалістів, зайнятих науковою діяльністю у галузі як фундаментальних, так і прикладних фізичних досліджень, а також зайнятих вимірюваннями фізичних величин та розробкою приладів для таких вимірювань

Вивчаються сучасні методи магнітооптичних вимірювань, їх застосування, зокрема, для досліджень суасних наноструктурованих матеріалів.

Вимоги до знань та вмінь:

Студент повинен знати: основні положення теорії магнітних явищ, можливості сучасних методів вимірювань та технологій при їх застосуванні у теоретичних дослідженнях, фізичному експерименті та при розробці вимірювальної апаратури.

Студент повинен вміти: застосовувати можливості сучасних методів аналізу та моделей для розв'язання реальних задач наукових досліджень на основі ефективного використання комп’ютерного програмного забезпечення.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності.

Курс самостійного вибору «Магнітооптика та фотомагнетизм» є складовою циклу професійної підготовки на кафедрі електрофізики фахівців освітньо-

кваліфікаційного рівня «магістр». Дисципліна «Магнітооптика та фотомагнетизм» базується на різних розділах теоретичної фізики і вищої математики та наступних нормативних навчальних дисциплінах: «Прикладні методи вищої математики», «Основи програмування», «Пакети прикладних програм», «Методи обробки даних», «Чисельні методи» та ін.

Самостійна робота студентів (СРС) є основним видом засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час. Метою самостійної роботи є вироблення студентами навичок і вміння працювати з літературою, віднаходити головні аспекти проблем. Що потребують твердого засвоєння, вміння письмово та усно викладати матеріал.

Предметом самостійної роботи є опрацювання ними як окремих тем програми курсу «Магнітооптика та фотомагнетизм» в цілому, так і деякіх розділів тем. Перевірка рівня засвоєння матеріалу самостійно опрацьованих тем здійснюється при проведенні індивідуальних консультацій та під час написання контрольних робіт шляхом включення у питання роботи тематики СРС.

Система контролю знань та умови підсумкового контролю. Навчальна дисципліна «Магнітооптика та фотомагнетизм» оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з трьох модулів – по 2 змістовних модулів (ЗМ-1, ЗМ-2) та підсумкового модуля-заліку (КПМ) у II семестрі. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою.

Форми поточного контролю: оцінювання домашніх самостійних завдань та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять (кількість балів зазначена в табл. 1). Модульний контроль: 2 модульні контрольні роботи на протязі II-го семестру (кількість балів зазначена в табл. 1, модульні контрольні роботи проводяться викладачем в обсязі 2 годин).

Підсумкова оцінка розраховується за **накопичувальною системою**. При цьому максимальна кількість балів встановлюється наступним чином:

- за змістовий модуль №1 – **30 балів**; за змістовий модуль №2 – **30 балів**;

II-й семестр Таблиця 1.

Максимальна кількість балів	Вид контролю			
	Змістов-ний мо-дуль № 1	Змістовний модуль № 2	Залік (КПМ)	Підсум-кова оцінка
за модульні контрольні роботи	15	15	40	100
за виконання поточних завдань; за самостійну роботу; за активність на заняттях	15	15		
Всього	30	30	40	100

Примітка. Білет для проведення заліку складається з 4 питань, 2-х теоретичних, та 2-х практичних, кожне з яких оцінюється максимально у 10 балів.

Шкала відповідності

За 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою	
90-100	5	відмінно
85-89	4	добре («*дуже добре*»)
75-84		добре
65-74	3	задовільно

60-64		задовільно («*достатньо*»)
35-59	2	незадовільно (*повторне складання*)
1-34		незадовільно (*повторне вивчення*)

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва лекції (тема СРС)	Кількість годин		
		Лекції	Самостійна робота	Інші форми контролю
Змістовний модуль **1**				
1	Розвиток теорії магнетизму. Характеристика магнітних явищ.	2	1	
2	Обмінна взаємодія. Багатоелектронні хвильові функції.	2		
3	Кристалічне поле. Магнітна кристалографічна анізотропія.	2		
4	Термодинаміка магнетиків. Напівкласична та квантова теорія магнетизму.	2		
5	Домени та доменні границі; спін-переорієнтаційні переходи в об'ємних та тонкоплівкових структурах.	2		
6	Процеси намагнічування; фазові діаграми багатопідграткових магнітних структур.	2		
7	Непряма (РККІ) взаємодія магнітних моментів. Магнітострикційні явища.		1	
8	Методики магнітних вимірювань; Вимірювальні прилади та обладнання.	2		
9	Магнітооптичні ефекти; оптика та спектроскопія магнітних металів, тонких плівок.	2		
10	Технологія та методи досліджень магнітооптичних матеріалів; спектроскопія наноструктурованих магнетиків.	2		
11	Методи магнітооптичної візуалізації магнітних полів.	2		
12	Прикладні проблеми магнітооптики: термомагнітний запис; МО датчики.		2	
13	Теорія фотонних кристалів; магнітофотонні кристали.	2		
14	Оптичні характеристики металів, напівпровідників та діелектриків.	2		
15	Магнітокалоричні ефекти.	2		
16	Спінове скло. Магнітні властивості аморфних сполук.		1	
Модульна контрольна робота 1				2
ВСЬОГО ЗА МОДУЛЬ		26	5	

Змістовний модуль **2**				
17	Фотомагнітні явища та матеріали з фотомагнітними властивостями.	2		
18	Теорії фотоіндукованих змін характеристик речовин. Природа наведеної анізотропії.	2		
19	Електронна теорія магнітних напівпровідників. “Зонний” магнетизм, межі використання.	2		
20	Внутрішній фотоефект. Розрахунки зонної структури напівпровідників.	2		
21	Квантові ями, нанодроти, квантові точки.	2		
22	Спін-залежна рекомбінація в напівпровідниках.	2		
23	Електрично та оптично детектований магнітний резонанс в напівпровідниках	2		
24	Динамічні ефекти перемагнічування; явища релаксації та післядії.		2	
25	Спін-залежні явища в магнітних надгратках. Види обмінної взаємодії.	2		
26	Поляризовані електрони у твердих тілах.	2		
27	Спін-залежний перенос носіїв заряду.	2		
28	Перемагнічування спіновим струмом. Механізм Слончевського.	2		
29	Пристрої спінової електроніки на основі явищ спін-залежного переносу.	2		
30	Квантові методи та системи обробки і зберігання інформації.		2	
31	Молекулярний магнетизм. Органічні сполуки в електроніці.	1	1	
Модульна контрольна робота № 2				2
ВСЬОГО ЗА МОДУЛЬ		25	5	
ЗАЛІК				2
ВСЬОГО ЗА СЕМЕСТР		51	10	

Загальний обсяг в II семестрі -51 год., лекції - 51 год. Самостійна робота - 10 год.

Змістовний модуль 1 Магнітні та оптичні властивості твердих тіл

Тема 1. *Методи опису магнітних явищ.*

Лекція 1. (2 год.)

Розвиток теорії магнетизму; характеристика магнітних явищ.

Завдання для самостійної роботи (1 год.)

Опрацювання матеріалу лекції.

Література [6, С.7-10, 77-91]

Лекція 2. (2 год.)

Обмінна взаємодія; багатоелектронні хвильові функції.

Лекція 3. (2 год.)

Кристалічне поле. Магнітна кристалографічна анізотропія.
Лекція 4. (2 год.)
Термодинаміка магнетиків. Напівкласична та квантова теорія магнетизму.
Лекція 5. (2 год.)
Домени та доменні границі; спін-переорієнтаційні переходи в об'ємних та тонкоплівкових структурах.
Лекція 6. (2 год.)
Процеси намагнічування; фазові діаграми багатопідграткових магнітних структур.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)
Непряма (РККІ) взаємодія магнітних моментів. Магнітострикційні явища.
Література [6, С.182-186]

Лекція 7. (2 год.)
Методики магнітних вимірювань. Вимірювальні прилади та обладнання.

Тема 2. *Магнітооптичні ефекти.*
Лекція 1. (2 год.)
Магнітооптичні ефекти; оптика та спектроскопія магнітних металів, тонких плівок.
Лекція 2. (2 год.)
Магнітооптичні матеріали; методи досліджень тонких плівок.
Лекція 3. (2 год.)
Методи магнітооптичної візуалізації магнітних полів.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)
Прикладні проблеми МО: термомагнітний (МО) запис; МО датчики.
Література [8, С.201-221]

Лекція 4. (2 год.)
Теорія фотонних кристалів; магнітофотонні кристали.
Лекція 5. (2 год.)
Оптичні характеристики металів, напівпровідників та діелектриків.
Лекція 6. (2 год.)
Спінове скло.
Магнітні властивості аморфних сполук.

Змістовний модуль 2 Спін-залежні ефекти

Тема 3. *Оптично залежні магнітні явища.*
Лекція 1. (2 год.)
Фотомагнітні явища та матеріали з фотомагнітними властивостями.
Лекція 2. (2 год.)
Теорії фотоіндукованих змін характеристик речовин. Природа наведеної анізотропії.
Лекція 3. (2 год.)
Електронна теорія магнітних напівпровідників. "Зонний" феромагнетизм, межі використання.
Лекція 4. (2 год.)
Внутрішній фотоефект. Розрахунки зонної структури напівпровідників.
Лекція 5. (2 год.)
Квантові ями, нанодроти, квантові точки.
Лекція 6. (2 год.)
Спін-залежна рекомбінація в напівпровідниках.
Лекція 7. (2 год.)
Динамічні ефекти перемагнічування; явища релаксації та післядії.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)
Електрично та оптично детектований магнітний резонанс в напівпровідниках.

Література [2, С.112-120, 167-176]

Тема 4. *Індукований спіновий транспорт.*

Лекція 1. (2 год.)
Спін-залежні явища в надгратках. Осцилююча, біквадратична обмінна взаємодія.
Лекція 2. (2 год.)
Поляризовані електрони у твердих тілах.
Лекція 3. (2 год.)
Спін-залежний перенос носіїв заряду.
Лекція 4. (2 год.)
Перемагнічування спіновим струмом. Механізм Слончевського.
Лекція 5. (2 год.)
Пристрої спінової електроніки на основі явищ спін-залежного переносу.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)
Квантові методи та системи обробки і зберігання інформації.
Література [2, С.289-297]

Лекція 6. (1 год.)
Молекулярний магнетизм. Органічні сполуки в електроніці.

Завдання для самостійної роботи (1 год.)
Опрацювання матеріалу лекції.
Література [2, С.298-305]

ТИПОВЕ ЗАВДАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Які узагальнення висновків теорії парамагнетизму на випадок феромагнетизму можливо зробити введенням молекулярного поля Вейса?
2. Вивести формулу відстані між сусідніми рівнями даного терма (правило інтервалів Ланде).
3. Порівняйте величини різних типів магнітооптичного ефекта Керра для гладкої поверхні Fe з відомими електричними та оптичними параметрами при заданому куті падіння лінійно поляризованиго світла.
4. Оцініть тепловий, амперівський та поляризаційний вплив електричного струму на локальну намагніченість провідника.

Контрольні запитання до змістовного модуля 1

1. Дайте означення основним магнітним характеристикам речовин.
2. Яка природа обмінної взаємодії?
3. Типи магнітної анізотропії та основні причини її виникнення.
4. Основні особливості напівкласичного та квантового підходів теорії магнетизму.
5. Які причини утворення доменів та чим обумовлюється їх форма та розміри?
6. Поясніть причини утворення кількох підграток в кристалічній структурі магнетиків.
7. Що свідчить про існування непрямої взаємодії магнітних моментів?
8. Поясніть механізм взаємодії світла з магнітним моментом речовини.
9. Дайте порівняльну характеристику основних методів візуалізації магнітних полів.
10. Чи можна провітляючі покриття фотооб’єктивів віднести до фотонних кристалів?
11. Чим обумовлюється оптична прозоріть речовин?
12. Які особливості утворення магнітних структур в некристалічних речовинах?

Контрольні запитання до змістовного модуля 2

1. Чим обумовлюється прояв фотомагнітних ефектів, як на цей прояв можуть впливати температура, тиск, зовнішні поля, інші фактори.
2. Чи може виникати наведена анізотропія в полікристалічних або аморфних тілах?
3. Яка природа співіснування магнітних і напівпровідникових властивостей та чи

можливе таке поєднання властивостей в моноскладових речовинах?
4. Яка доцільність використання положень зонної теорії для розгляду фотомагнітних явищ?
5. Як впливають розмірні квантові ефекти на магнітні, оптичні, електричні властивості матеріалу. Дайте загальну характеристику та підкріпіть прикладом.
6. Як залежить магнітоопір багатошарових структур від кількості шарів?
7. Чи можна поляризувати електрони в твердому тілі за допомогою зовнішнього магнітного поля?
8. Чи можливо визначити поляризацію вільних електронів за допомогою магнітометра?
9. В чому принципова відмінність основних механізмів впливу поляризованого струму на локальну намагніченість?
10. Які головні проблеми перешкоджають створенню ефективних спін-залежних транзисторів?
11. В чому перевага та недоліки одноелектронних пристроїв?
12. Що таке «молекулярний магнетизм» і які причини його виникнення?
13. В чому можуть проявитись переваги органічних сполук при їх застосуванні в електроніці?

Рекомендована література

Основна

[1] С.В.Вонсовский. Магнетизм. М.,1974.
[2] О.В.Третяк, В.А.Львов, О.В.Барабанов. Фізичні основи спінової електроніки. Київськ.унів-т, 2002.
[3] Р.Смит. Полупроводники. – М.: Мир. 1982.
[4] С.Крупичка. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. В 2 т. – М.: Мир. 1976.
[5] Р.Уайт. Квантовая теория магнетизма. М.: Мир. 1985.
[6] Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. М.: МГУ. 1985.
[7] В.В.Еременко. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков. Киев. “Наукова думка”. 1975.
[8] В.В.Рандошкин, А.Я.Червоненкис. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат. 1990.
[9] J.Fabian I.Zutic. The standard model of spin injection. arXiv:0903.2500v1 [cond-mat.other] 13 Mar 2009

Додаткова

[1] А.М.Балбашов, А.Я.Червоненкис. Магнитные материалы для микроэлектроники. М.: Энергия. 1979.
[2] T.Dietl. Lecture Notes on Semiconductor Spintronics. arXiv:0801.0145v1 [cond-mat.mtrl-sci] 30 Dec 2007.