

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б. І. ВЕРКІНА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. Директора  
ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна  
НАН України



М. І. Глушук

« 7 » *липень* 2020 р.

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму  
(назва навчальної дисципліни)

з галузі знань «10 Природничі науки»  
за спеціальністю «104 Фізика та астрономія»

РОЗРОБНИК/-И:

доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу математичної фізики ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України Звягін Андрій Анатолійович

  
підпис

доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувача відділу магнетизму ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України Курносів Володимир Самуїлович

  
підпис

Погоджено Науковою радою з проблеми «Низькотемпературний магнетизм та оптика фероїків»  
ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України 28.05. 2020 р., протокол № 191

Голова Ради  / М. Ф. Харченко /

Вчений секретар Ради  / Н. М. Нестеренко /

Затверджено Вченою радою Фізико-технічного інституту низьких температур  
ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України, 07.07. 2020 р., протокол № 5.

## Силабус курсу

### Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму 2020-2021 навчальний рік

<b>Назва курсу</b>	Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму
<b>Адреса викладання курсу</b>	м. Харків, пр. Науки, 47
<b>Вищий навчальний заклад та відділ (кафедра), за якими закріплена дисципліна</b>	Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України, відділ магнетизму
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань 10 – природничі науки. Спеціальність: 104 Фізика та астрономія
<b>Викладачі</b>	д.ф-м.н. Звягін А.А., д.ф-м.н. Курносов В.С., к.ф-м.н. Савицький В.М.
<b>Контактна інформація викладача (-ів)</b>	Звягін А.А. тел. 9-97 Курносов В.С. тел. 4-84 Савицький В.М. тел. 2-59
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	П'ятниця 16.00-17.00. пр. Науки, 47, он-лайн консультації через Skype або Wiber (для узгодження часу писати на електронну пошту )
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://">https://</a>

<b>Інформація про курс</b>	<p>Дисципліна «Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму» є вибіркою дисципліною зі спеціальності 104 – Фізика та астрономія для підготовки доктора філософії з природничих наук, яка викладається в 2-3 семестрах в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)</p>
<b>Коротка анотація курсу</b>	<p>Курс «Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму» є курсом зі спеціалізації, який узагальнює та систематизує знання аспірантів, отримані при вивченні інших курсів, а також поглиблює розуміння та засвоєння університетського курсу загальної фізики. Курс знайомить з новими магнітними системами і явищами, що в них відбуваються під впливом різноманітних зовнішніх факторів. Крім того, курс знайомить з сучасними методами експериментальних досліджень властивостей магнетиків.</p>
<b>Мета та цілі курсу</b>	<p>Метою вивчення дисципліни «Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму» є формування у майбутнього науковця глибокого розуміння універсальності явища магнетизму, його квантової природи, а також ознайомлення аспірантів з сучасним станом фізики низькотемпературного магнетизму, надання інформації про сучасні методи експериментального дослідження магнітних систем і явищ, а також їх теоретичного опису, зокрема для формування уявлення про проблеми і перспективи розвитку фізики низькотемпературного магнетизму. Освітньою ціллю курсу є формування вміння аспірантів самостійно вибирати і обґрунтовувати свій вибір щодо оптимального методу дослідження властивостей конкретного об'єкту заданої природи у процесі виконання дисертаційних робіт. В результаті вивчення даного курсу аспірант повинен знати основні поняття предмету, викладені у програмі курсу; вміти пояснити основні принципи експериментальних методів досліджень та використовувати їх у самостійній науковій роботі.</p>
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Боровик Е. С., Еременко В. В., Мильнер А. С. Лекции по магнетизму. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 512 с.</li> <li>2. Вонсовский С.В. Магнетизм, М.: Наука, 1971. – 1031 с.</li> <li>3. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма (Магнитные свойства вещества). – М.: "Мир", 1983. – 304 с.</li> <li>4. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма (Магнитные характеристики и практические применения). – М., Мир, 1987. – 416 с.</li> <li>5. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. – М.: изд.МГУ, 1976. – 367.</li> <li>6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела, М.: Наука, 1978. – 791 с.</li> <li>7. Блейкмор Дж, Физика твердого тела, М: Мир, 1988. – 400 с.</li> <li>8. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма, М.: Мир. 1985. – 304 с.</li> <li>9. Zvyagin A.A., Quantum Theory of One-Dimensional Spin Systems, Cambridge Scientific Publishers, Cambridge, 2010. – 330 pp.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Андерс А.Г. Магнитный резонанс в низкоразмерных магнитных системах. Харьк. нац. ун-т им. В.Н. Каразина. 2010. – 143 с.</li> <li>11. Гуревич А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. М., Наука, 1973. – 592 с.</li> <li>12. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса, М.: Мир, 1981. – 448 с.</li> <li>13. Еременко В.В. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков. К.: Наукова думка, 1975. – 472 с.</li> <li>14. Фабелинский И.Л. Молекулярное рассеяние света. М.: Наука, 1965. – 512 с.</li> <li>15. Савицький В.М. Магнітні властивості речовини.: навч. посіб./ – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2010. – 328 с.</li> <li>16. Товстолиткін О.І., Боровий М.О., Курилюк В.В., Куницький Ю.А. Фізичні основи спітроніки.: навч.посіб./ Вінниця.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 500 с.</li> <li>17. Туров Е.А. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов, М. 1963. – 223 с.</li> <li>18. Смарт Дж. Эффективное поле в теории магнетизма, М.: Мир, 1968. – 271 с.</li> <li>19. А.И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский, Спиновые волны, М., Наука, 1967. – 368 с.</li> <li>20. С.В.Тябликов, Методы квантовой теории магнетизма, М., Наука, 1965. – 336 с.</li> <li>21. Э.Г.Петров, Теория магнитных экситонов, Киев, Наукова думка, 1976. – 240 с.</li> <li>22. Маттис Д. Теория магнетизма, - М.: «Мир», 1967. – 408 с.</li> <li>23. Звездин А.К., Матвеев В.М., Мухин А.А., Попов А.И., Редкоземельные ионы в магнитоупорядоченных кристаллах, М.: Наука, 1985. – 296 с.</li> </ol>
--	--

<p><b>Додаткова література:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Барьяхтар В.Г., Иванов Б.А., Магнетизм - что это? - К.: Наукова думка, 1991. – 207 с.</li> <li>2. Каганов М.И., Цукерник В.М., Природа магнетизма – М.:Наука. 1982. – 192.</li> <li>3. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976. – 920 с.</li> <li>4. Лагутин А.С., Ожогин В.И. Сильные импульсные магнитные поля в физическом эксперименте. М.: Энеогоатомиздат, 1988. – 192 с.</li> <li>5. Уилсон М. Сверхпроводящие магниты. М.: Мир, 1985. – 405 с.</li> <li>6. Лоунаспаа О.В. Принципы и методы получения температур ниже 1 К. М.: Мир, 1977. – 358 с.</li> <li>7. Еременко В.В., Харченко Н.Ф., Литвиненко Ю.Г., Науменко В.М. Магнитооптика и спектроскопия антиферромагнетиков. К.: Наукова думка, 1989. – 264 с.</li> <li>8. Еременко В.В., Сиренко В.А. Магнитные и магнитоупругие свойства антиферромагнетиков и сверхпроводников. – Киев : Наукова думка, 2004. – 295 с.</li> <li>9. Карлин Р.. Магнетохимия. М. Мир, 1989.</li> </ol>
-------------------------------------	--

	<p>10. Альтшулер С.А., Козырев Б.М., Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп, М.: Наука, 1972. – 670 с.</p> <p>11. Веллюз Л., Легран М., Грожан М. Оптический магнитный круговой дихроизм. М.: Мир, 1967. – 314 с.</p> <p>12. Б.Е.Левин, Ю.Д.Третьяков, Л.М.Летюк. Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов. – М.: Metallurgia, 1979. – 466 с.</p> <p>13. Косевич А.М., Иванов Б.А., Ковалев А.С., Нелинейные волны намагниченности. Динамические и топологические солитоны, К.: Наукова думка, 1983. – 192 с.</p> <p>14. И.Я.Коренблит, Е.Ф.Шендер. Спиновые стекла и неэргодичность, УФН, т.157, в.2, с.267, 1989.</p> <p>15. Нагаев Э.Л., Магнетики со сложными обменными взаимодействиями, М.: Наука, 1988. – 232 с.</p> <p>16. В.С.Львов, Нелинейные спиновые волны, М., Наука, 1987. – 272 с.</p> <p>17. Туров Е.А., Кинетические, оптические и акустические свойства антиферромагнетиков, Свердловск, 1990. – 131 с.</p> <p>18. В.С.Доценко. Физика спин-стекольного состояния, УФН, т.163, в.6, с.1, 1993.</p> <p>19. Zvyagin A.A., Finite size effects in correlated electron models: Exact results, Imperial College Press, London, 2005 - 350 p.</p> <p>20. Ю.А.Изюмов, Р.П.Озеров. Магнитная нейтронография, М., 1966. – 532 с.</p> <p>21. Ю.И.Петров. Физика малых частиц. – М.: «Наука», 1982. – 359 с.</p> <p>22. Л.М.Сороко. Интроскопия на основе ядерного магнитного резонанса. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.</p> <p>23. Изюмов Ю.А., Медведев М.В., Теория магнитоупорядоченных кристаллов с примесями, М.: Наука, 1970. – 271 с.</p> <p>24. Малоземов А., Слонзуски Дж., Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами, М.: Мир, 1982. – 382 с.</p>
<b>Тривалість курсу</b>	120 год.

<b>Обсяг курсу</b>	36 годин аудиторних. 3 них 30 годин лекцій, 6 годин семінарських занять, 84 години самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення курсу аспірант повинен:</p> <p><b>Знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знати місце явища магнетизму у сучасному техногенному суспільстві та його вплив на науково-технічний прогрес;</li> <li>- (на поняттєво-аналітичному рівні) знати фундаментальні поняття магнетизму, основні магнітні явища та процеси у твердих тілах, сучасні методи їх вивчення та основи створення магнітних систем і експериментального устаткування; а також наукові принципи створення функціональних магнітних матеріалів та їх практичного застосування;</li> </ul> <p><b>Вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вміти в межах простих теоретичних уявлень аналітично описати властивості основних класів магнетиків а також експериментально визначити належність речовини до певного магнітного класу;</li> <li>- обґрунтовано вирішувати фізичні задачі в рамках своєї спеціальності, використовуючи різнобічні міждисциплінарні знання з низькотемпературного магнетизму;</li> <li>- використовувати довідкову і навчальну літературу в галузі низькотемпературного магнетизму, знаходити інші необхідні джерела інформації і працювати з ними.</li> <li>- пояснювати основні принципи та використовувати вивчені експериментальні методи у самостійній науковій роботі.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Магнітний момент, спін, обмінна взаємодія, діа- пара- та феромагнетик, антиферомагнетизм. Спектроскопія, резонансні явища, фазові переходи, квантування магнітного потоку, магнітоопір, магнітострикція, магнітоелектрики.

<b>Формат курсу</b>	Очний
---------------------	-------

<b>Теми</b>	<p>Тема 1. Квантова теорія магнетизму.</p> <p>Тема 2. Елементарні магнітні збудження в конденсованих середовищах</p> <p>Тема 3. Магнетики у зовнішньому магнітному полі та перспективи застосування магнітних явищ і матеріалів.</p>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік, іспит
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу необхідні знання з курсу загальної фізики, зокрема електрики і магнетизму, оптики, квантової механіки, атомної фізики.

<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	В процесі навчання використовуються лекції, презентації, методичні матеріали та спеціальна література, наочні посібники, демонстраційні матеріали та відео.
<b>Необхідне обладнання</b>	Технічні засоби, необхідні для демонстрації презентацій, загально вживані програми і операційні системи.

<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практичні/самостійні тощо : 25% семестрової оцінки; максимальна кількість балів <u>25</u></li> <li>• реферативний огляд за темою: 25% семестрової оцінки; максимальна кількість балів <u>25</u></li> <li>• іспит/залік: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів <u>50</u> Підсумкова максимальна кількість балів <u>100</u></li> </ul> <p>Позитивна оцінка поточної успішності (сумарного результату проміжної і модульної оцінки за семестр) за умови відсутності пропущених або невідпрацьованих семінарських занять є підставою допуску до підсумкової форми контролю. Враховується присутність на заняттях та активність аспіранта під час лекцій.</p>
<p><b>Питання до екзамену</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гіпотеза та теорема Ампера.</li> <li>2. Орбітальний магнітний момент електрона в атомі.</li> <li>3. Гіромагнітне відношення та його експериментальне визначення.</li> <li>4. Постулати Бора.</li> <li>5. Стаціонарні стани. Хвильова функція електрона.</li> <li>6. Атом водню з точки зору квантової механіки.</li> <li>7. Просторове квантування моменту кількості руху.</li> <li>8. Магнітний момент у зовнішньому магнітному полі.</li> <li>9. Фактор Ланде.</li> <li>10. Природа спінової взаємодії.</li> <li>11. Одержати формулу для розрахунку g-фактора електронної оболонки атома.</li> <li>12. Структура атомного ядра.</li> <li>13. Зв'язок Рассела – Саундерса. <math>j_j</math> - зв'язок.</li> <li>14. Правила Хунда.</li> <li>15. Терм атома.</li> <li>16. Ефект Зеемана.</li> <li>17. Теплоємність парамагнетика. Аномалія Шоттки.</li> <li>18. Прості моделі магнетиків - модель Ізинга.</li> <li>19. Теорія середнього поля для ферромагнетика.</li> <li>20. Магнітні підґратки. Теорія середнього поля для антиферромагнетика. Переход типу спінової флюктуації.</li> <li>21. Теорія фазових переходів Ландау. Скейлінг. Флуктуації параметру порядку.</li> <li>22. Спінові хвилі. Низькотемпературна теплоємність магнітовпорядкованих систем.</li> <li>23. Електронний парамагнітний резонанс.</li> </ol>



24. Ядерний магнітний резонанс.
25. Магнітні резонанси в магнітовпорядкованих системах.
26. Основи магнітної нейтронографії.
27. Диполь-дипольна взаємодія
28. Прямий обмін. Непрямий (посередній) обмін.
29. Взаємодія Дзялошинського-Морія.
30. Взаємодія РККІ
31. Намагнічування системи невзаємодіючих моментів
32. Магнітний момент системи з довільним спіном
33. Магнітна анізотропія парамагнетиків
34. Закон Кюрі
35. Функція Бріллюена
36. Парамагнетизм електронів провідності у металі.
37. Розщеплення енергетичних рівнів
38. Намагнічення парамагнітних солей. Порівняння експериментальних даних та розрахованих за рівнянням Бріллюена
39. Намагнічування системи моментів, що взаємодіють між собою
40. Рівняння Ван-Флека
41. Закон Кюрі-Вейса
42. Парамагнетизм Паулі.
43. Заморожування орбітального моменту у кристалічному полі.
44. Магнітооптичні ефекти.
45. Спінові хвилі, їх взаємодія з електромагнітним випромінюванням.
46. Екситон-магнонне поглинання світла в антиферомагнетиках.
47. Механізми розсіяння світла на магнонах.
48. Електромагнони в магнітоелектриках.
49. Нелінійні магнітні збудження, солітони.
50. Фазова діаграма надпровідника у зовнішньому магнітному полі.
51. Як відбувається руйнування НС у НП 2-го роду?
52. Що таке пінінг у надпровідниках?
53. Проміжний та змішаний стан у надпровідниках.
54. Квантування магнітного потоку
55. Пояснити вираз: “надпровідник – ідеальний діамагнетик”.
56. Дати характеристику надпровідників 1-го та 2-го роду.

	<p>57. Що таке вихори Абрикосова?</p> <p>58. Охарактеризувати “м’які” та “жорсткі” надпровідники.</p> <p>59. У чому полягає ефект Джозефсона?</p> <p>60. Що таке “довжина когерентності” у НП? Її характерна величина?</p> <p>61. Як відбувається руйнування НС у НП 1-го роду?</p> <p>62. Що таке СКВІД?</p> <p>63. Що таке магнітоелектрики?</p> <p>64. Що таке крип магнітного потоку?</p> <p>65. Охарактеризувати процес перекидання підгранок одновісного АФМ у зовнішньому магнітному полі.</p> <p>66. Зобразити конфігурацію векторів намагнічення підгранок під час спін-флоп переходу.</p> <p>67. Практичне застосування явища магнітострикції.</p> <p>68. Гальваномагнітні явища та їх природа.</p> <p>69. Ефект Холла та його застосування.</p> <p>70. Природа магнітоопору у електричних провідниках.</p> <p>71. Що таке спінтроніка?</p> <p>72. Сучасні магнітні матеріали.</p> <p>73. Принцип запису інформації на магнітних носіях.</p> <p>74. Термомагнітний метод запису інформації.</p> <p>75. Використання магнітних явищ для діагностики захворювань у медицині.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>. Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

## ДОДАТОК

### Схема курсу Актуальні проблеми фізики низькотемпературного магнетизму

Тиж. / дата / год.-	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Матеріали	Література.*** Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
<b>1 тиж.</b>	<b>Тема 1.</b> Класична електродинаміка. Магнітний момент. Термодинаміка і статистична механіка магнетиків. Теорема Бора- ван Льовен. Електрон в кулонівському потенціалі ядра. Квантова механіка орбітальних моментів. Рівняння Дірака. Спін. Ферміони і бозони.	Лекція, самостійна робота		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каганов М.И., Цукерник В.М., Природа магнетизма – М.:Наука. 1982. – 192.</li> <li>2. Маттис Д. Теория магнетизма, - М.: «Мир», 1967. – 408 с.</li> <li>3. Zvyagin A.A., Finite size effects in correlated electron models: Exact results, Imperial College Press, London, 2005 - 350 p.</li> <li>4. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма, М.: Мир. 1985. – 304 с.</li> <li>5. Zvyagin A.A., Quantum Theory of One-Dimensional Spin Systems, Cambridge Scientific Publishers, Cambridge, 2010. – 330 pp.</li> </ol>	2 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень
<b>2 тиж.</b>	<b>Тема 1.</b> Спін-орбітальна взаємодія. Частково заповнені орбіталі. Правила Хунда.	Лекція, семінарське заняття, самостійна робота		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма, М.: Мир. 1985. – 304 с.</li> <li>2. Маттис Д. Теория магнетизма, - М.: «Мир», 1967. – 408 с.</li> <li>3. Звездин А.К., Матвеев В.М., Мухин А.А., Попов А.И., Редкоземельные ионы в магнитоупорядоченных кристаллах, М.: Наука, 1985. – 296 с.</li> </ol>	4 год аудит. 2 год. семінар,  7 год.	1 тиждень

	<p>Повний момент. Ефект Зеемана. Кристалічне поле. Ефект Яна-Теллера. Диполь-дипольна взаємодія. Молекула водню. Прямий обмін. Кінетичний обмін. Непрямий (посередній) обмін. Взаємодія Дзялошинського-Морія. Взаємодія РККІ.</p>			<p>4. Zvyagin A.A., Quantum Theory of One-Dimensional Spin Systems, Cambridge Scientific Publishers, Cambridge, 2010. – 330 pp. 5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела, М.: Наука, 1978. – 791 с. 6. Альтшулер С.А., Козырев Б.М., Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп, М.: Наука, 1972. – 670 с.</p>	самостійної роботи	
<b>3 тиж.</b>	<p><b>Тема 1.</b> Прості моделі магнетизму – модель Ізінга. Опис упорядкованих магнетиків. Середнє поле. Елементарні збудження – магнони. Фазові переходи. Теорія Ландау. Урахування флуктуацій. Скейлінг.</p>	Лекція, самостійна робота		<p>1. Zvyagin A.A., Quantum Theory of One-Dimensional Spin Systems, Cambridge Scientific Publishers, Cambridge, 2010. – 330 pp. 2. Смарт Дж. Эффективное поле в теории магнетизма, М.: Мир, 1968. – 271 с. 3. А.И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский, Спиновые волны, М., Наука, 1967. – 368 с. 4. Туров Е.А. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов, М. 1963. – 223 с. 5. Звездин А.К., Матвеев В.М., Мухин А.А., Попов А.И., Редкоземельные ионы в магнитоупорядоченных кристаллах, М.: Наука, 1985. – 296 с. 6. С.В.Тябликов, Методы квантовой теории магнетизма, М., Наука, 1965. – 336 с. 7. В.С.Львов, Нелинейные спиновые волны, М., Наука, 1987. – 272 с. 8. Нагаев Э.Л., Магнетики со сложными обменными взаимодействиями, М.: Наука, 1988. – 232 с.</p>	2 год. аудит., 7 год. самостійної роботи	1 тиждень

<b>4</b> <b>тиж.</b>	<b>Тема 1.</b> Динамічні властивості квантових систем. Магнітні резонанси: електронний парамагнітний резонанс, ядерний магнітний резонанс, ферро- та антиферромагнітні резонанси. Магнітна нейтронографія.	Лекція, самостійна робота		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гуревич А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. М., Наука, 1973. – 592 с.</li> <li>2. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса, М.: Мир, 1981. – 448 с.</li> <li>3. Альтшулер С.А., Козырев Б.М., Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп, М.: Наука, 1972. – 670 с.</li> <li>4. Ю.А. Изюмов, Р.П. Озеров. Магнитная нейтронография, М., 1966. – 532 с.</li> <li>5. Zvyagin A.A., Quantum Theory of One-Dimensional Spin Systems, Cambridge Scientific Publishers, Cambridge, 2010. – 330 pp.</li> <li>6. Туров Е.А., Кинетические, оптические и акустические свойства антиферромагнетиков, Свердловск, 1990. – 131 с.</li> </ol>	2 год. аудит., 7 год. самостійної роботи	1 тиждень
<b>5</b> <b>тиж.</b>	<b>Тема 2.</b> Намагнічування речовин у зовнішньому полі. Діамагнетизм, парамагнетизм. Взаємодія парамагнітних центрів. Ступені свободи, що пов'язані з магнітними моментами центрів.	Лекція, самостійна робота	презентація	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 512 с.</li> <li>2. Вонсовский С.В. Магнетизм, М.: Наука, 1971. – 1031 с.</li> <li>3. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма (Магнитные свойства вещества). – М.: "Мир", 1983. – 304 с.</li> <li>4. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма (Магнитные характеристики и практические применения). – М., Мир, 1987. – 416 с.</li> <li>5. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. – М.: изд.МГУ, 1976. – 367.</li> </ol>	2 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень

<b>6 тиж.</b>	<b>Тема 2.</b> Магнітне впорядкування. Основний стан. Роль розмірності магнітної структури. Спінові хвилі, як збудження над основним станом. Нелінійні магнітні збудження. Солітони.	Лекція, самостій на робота	презентація	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма, М.: Мир. 1985. – 304 с.</li> <li>2. Туров Е.А. Физические свойства магнито-упорядоченных кристаллов, М. 1963. – 223 с.</li> <li>3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела, М.: Наука, 1978. – 791 с.</li> <li>4. А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский, Спиновые волны, М., Наука, 1967. – 368 с.</li> <li>5. Косевич А.М., Иванов Б.А., Ковалев А.С., Нелинейные волны намагнитченности. Динамические и топологические солитоны, К.: Наукова думка, 1983. – 192 с.</li> <li>6. В.С. Львов, Нелинейные спиновые волны, М., Наука, 1987. – 272 с.</li> </ol>	2 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень
<b>7 тиж.</b>	<b>Тема 2.</b> Феноменологія взаємодії електромагнітних хвиль з магнітними збудженнями одното багаточастинкової природи.	Лекція, семінарське заняття, самостій на робота	презентація	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Еременко В.В. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков. К.: Наукова думка, 1975. – 472 с.</li> <li>2. Еременко В.В., Харченко Н.Ф., Литвиненко Ю.Г., Науменко В.М. Магнитооптика и спектроскопия антиферромагнетиков. К.: Наукова думка, 1989. – 264 с.</li> <li>3. Гуревич А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. М., Наука, 1973. – 592 с.</li> <li>4. С.В. Тябликов, Методы квантовой теории магнетизма, М., Наука, 1965. – 336 с.</li> <li>5. Андерс А.Г. Магнитный резонанс в низкоразмерных магнитных системах. Харьк. нац. ун-т им. В.Н. Каразина. 2010. – 143 с.</li> </ol>	2 год. аудит., 2 год. семінар, 7 год. самостійної роботи	1 тиждень
<b>8 тиж.</b>	<b>Тема 2.</b> Характерні прояви в спектрах оптичного поглинання, ДІЧ поглинання, комбінаційного (раманівського та	Лекція, самостій на робота	презентація	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Еременко В.В. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков. К.: Наукова думка, 1975. – 472 с.</li> <li>2. Фабелинский И.Л. Молекулярное рассеяние света. М.: Наука, 1965. – 512 с.</li> <li>3. Э.Г. Петров, Теория магнитных экситонов, Киев, Наукова думка, 1976. – 240 с.</li> </ol>	2 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень

	бріллюенівського) розсіяння світла. Експериментальна техніка оптичного поглинання, ДЧ поглинання, раманівського та мандельштам-бріллюенівського розсіяння світла.					
<b>9 тиж.</b>	<b>Тема 3.</b> Магнітні властивості надпровідників. Ефект Мейснера. Критичні магнітні поля та критичні струми. Проникнення поля в надпровідники першого та другого роду. Вихори Абрикосова. Магнетизм і ВТНП.	Лекція, самостійна робота	Демонстраційні плакати, демонстраційні відео матеріали	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Блейкмор Дж, Физика твердого тела, М: Мир, 1988. – 400 с.</li> <li>2. Вонсовский С.В. Магнетизм, М.: Наука, 1971. – 1031 с.</li> <li>3. Савицький В.М. Магнітні властивості речовини.: навч. посіб./ – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2010. – 328 с</li> <li>4. Барьяхтар В.Г., Иванов Б.А., Магнетизм - что это? - К.: Наукова думка, 1991. – 207 с.</li> </ol>	2 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень
<b>10 тиж.</b>	<b>Тема 3.</b> Антиферромагнетик у зовнішньому магнітному полі. Експериментальні дослідження перекидання магнітних підгранок Проміжний стан антиферромагнетика	Лекція, семінарське заняття, самостійна робота	Демонстраційні плакати, демонстраційні моделі	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Еременко В.В., Сиренко В.А. Магнитные и магнитоупругие свойства антиферромагнетиков и сверхпроводников. – Киев : Наукова думка, 2004. – 295 с.</li> <li>2. Савицький В.М. Магнітні властивості речовини.: навч. посіб./ – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2010. – 328 с.</li> <li>3. Лагутин А.С., Ожогин В.И. Сильные импульсные магнитные поля в физическом эксперименте. М.: Энеогаотомиздат, 1988. – 192 с.</li> <li>4. Туров Е.А. Физические свойства магнито-упорядоченных кристаллов, М. 1963. – 223 с.</li> </ol>	3 год. аудит., 2 год. семінар, 7 год. самостійної роботи	1 тиждень

<b>11</b> <b>тиж.</b>	<b>Тема 3.</b> Гальваномагнітні явища. Ефект Холла. Явище магнітоопору Струм спінополяризованих електронів. Спінтроніка. Квантування магнітного потоку. Ефект Джозефсона.	Лекція, самостійна робота	Демонстраційні плакати,	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вонсовский С.В. Магнетизм, М.: Наука, 1971. – 1031 с.</li> <li>2. Савицький В.М. Магнітні властивості речовини.: навч. посіб./ – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2010. – 328 с.</li> <li>3. Лоунасмаа О.В. Принципы и методы получения температур ниже 1 К. М.: Мир, 1977. – 358 с.</li> <li>4. Блейкмор Дж, Физика твердого тела, М: Мир, 1988. – 400 с.</li> <li>5. Товстолиткін О.І., Боровий М.О., Курилюк В.В., Куницький Ю.А. Фізичні основи спінтроніки.: навч.посіб./ Вінн.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 500 с.</li> </ol>	3 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень
<b>12</b> <b>тиж.</b>	<b>Тема 3.</b> СКВІД-магнітометри. Сучасні магнітні матеріали та їх застосування. Надпровідні магнітні системи та принципи їх створення. ЯМР-томографія.	Лекція, самостійна робота	Демонстраційні плакати, відео матеріали, демонстраційні зразки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лоунасмаа О.В. Принципы и методы получения температур ниже 1 К. М.: Мир, 1977. – 358 с.</li> <li>2. Уилсон М. Сверхпроводящие магниты. М.: Мир, 1985. – 405 с.</li> <li>3. Савицький В.М. Магнітні властивості речовини.: навч. посіб./ – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2010. – 328 с.</li> </ol>	2 год. аудит.  7 год. самостійної роботи	1 тиждень