Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИФиРЭ
_____/А.В.Минаков/
«11» мая 2022 г.

ИИФиРЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина *Физика магнитных явлений*

Направление подготовки/специальность *1.3 Физические науки*

Направленность (профиль) *1.3.12 Физика магнитных явлений*

Красноярск 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями
Группа научных направлений/научная специальность

1.3 Физические науки

1.3.12 Физика магнитных явлений

Программу составил Е.В.Еремин

Заведующий кафедрой (разработчик) П.П.Турчин

«17» марта 2022 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании базовой кафедры твердого тела и нанотехнологий
«17» марта 2022 г. протокол № 4

Заведующий кафедрой (выпускающей) П.П.Турчин

Дополнения и изменения в учебной программе на 20 __/20__ учебный год.
В рабочую программу вносятся следующие изменения: _____
_____

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____
«____» _____ 201__г. протокол № _____

Заведующий кафедрой _____

Внесенные изменения утверждаю:
Директор ИИФиРЭ _____

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у аспирантов знаний в области физики магнитных явлений, понимания природы магнитных взаимодействий, образования магнитных структур, в разных классах конденсированных сред, навыков самостоятельного исследования теоретических проблем физики магнитных явлений и анализа экспериментальных данных.

1.2. Задачи изучения дисциплины

- формирование представления об особенностях обменных взаимодействий в различных магнитных материалах;
- изучение теоретических концепций и моделей, описывающих физические явления, и характерных для различных магнитных структур;
- освоение основных понятий и методов теоретического описания и приобретение практических навыков для анализа физических проблем;
- использование современных вычислительных методик в области квантовой теории физики магнитных явлений.

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения данной дисциплины у аспиранта должны сформироваться следующие умения и навыки:

- способность планировать и ставить задачи исследования в области физики магнитных явлений,
- выбирать методы работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований;
- способность самостоятельно выполнять научные исследования;
- применять полученные знания для решения практических и технологических задач.

1.4. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Для изучения данной дисциплины студентам необходимо иметь знания по общей физике, методам математической физики, физике конденсированного состояния вещества, квантовой механике, статистической физике, основам физического эксперимента.

Дисциплина относится к образовательной компоненте учебного плана.

1.5. Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на русском языке.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	2 (72)	2 (72)
Контактная работа с преподавателем:	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары практические занятия		
другие виды контактной работы		
в том числе: курсовое проектирование групповые консультации индивидуальные консультации иные виды внеаудиторной контактной работы		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,5 (54)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)	1,5 (54)	1,5 (54)
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

Материал данной дисциплины входит в программу кандидатского экзамена по специальности в 6 семестре.

3. Содержание дисциплины (модуля)

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад.час)	Занятия семинарского типа (Семинары и/или Практические занятия (акад.час))	Самостоятельная работа, (акад.час),
1	2	3	4	5
1	Магнитные структуры и типы магнетиков	4		12
2	Магнитные взаимодействия. Магнитная анизотропия. Магнитоупругие явления.	6		12
3	Кинетические явления. Магнитные фазовые переходы.	4		12
4	Магнитная динамика. Магнитооптика. Магнитные материалы.	4		18

3.2. Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий[1]	Объем в акад. часах	
			всего	в том числе в инновационной форме
1	1	**1. Общие понятия** Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы маг-	2	

[1] В случае применения ЭО и ДОТ после наименования занятия ставится звездочка «*» с указанием места проведения занятия: (А) – в аудитории, (О) – онлайн-занятие в ЭИОС.

		нитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.		
2	1	**2. Магнитные структуры и типы магнетиков** Упорядоченные магнитные структуры.Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура. Слабый ферромагнетизм. Ферримагнитная структура. Спиральная магнитная структура. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография. Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.	2	
3	2	**3. Магнитные взаимодействия** Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.	2	
4	2	**4. Магнитная анизотропия** Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поле анизотропии. Оси магнитной анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа "легкая ось", "легкая плоскость". Наведенная магнитная анизотропия.	2	
5	2	**5. Магнитоупругие явления** Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные. Константы магнитострикции. Магнитоупругие волны. Магнитоупругое затухание.	2	

6	3	**6. Кинетические явления** Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.	1	
7	3	**7. Домены и доменные границы** Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура. Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрический магнитный домен. Решетка ЦМД.	1	
8	3	**8. Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания** Внешнее магнитное поле. Намагничивание. Гистерезис намагничивания. Эффект Баркгаузена. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Размагничивание переменным полем, нагревом. Размагничивающее и внутреннее магнитное поле.	1	
9	3	**9. Магнитные фазовые переходы и критические явления** Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.	1	

10	4	**10. Спиновые волны** Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.	0,5	
11	4	**11. Магнитооптика** Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромагнитная среда.	1	
12	4	**12. Характеристики магнитных материалов** Магнито-мягкий материал. Магнито-твердый материал. Магнитный материал с прямоугольной петлей гистерезиса. Сверхвысокочастотный магнитный материал. Магнитный материал для постоянных магнитов. Магнитный материал для носителей записи. Материал с цилиндрическими магнитными доменами. Магнитострикционный материал. Материал для термомагнитной записи информации. Текстурированный магнитный материал.	1	
13	4	**13. Магнитные материалы** Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.	0,5	
14	4	**14. Параметры магнитных материалов** Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.	1	

3.3. Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений) [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / Сиб. федерал. ун-т; сост. Н.В. Волков [и др.]. - Электрон. текстовые дан. (PDF, 1,8 Мб). - Красноярск: СФУ, 2012. - 38 с.
2. Термодинамика и статистическая физика [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / Сиб. федерал. ун-т; сост.: Ю.Н. Тогушова, М.М. Коршунов. - Электрон. текстовые дан. (PDF, 421 Кб). - Красноярск: СФУ, 2012. - 43 с.
3. Грундман, Мариус. Основы физики полупроводников. Нанофизика и технические приложения = The Physics of Semiconductors. An Introduction Including Nanophysics and Applications : перевод с английского / М. Грундман ; ред. пер. В. А. Гергель. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 771 с. : 3 л. цв. ил., рис., табл. - ISBN 978-5-9221-1394-6.
4. Катанин, Андрей Александрович. Модельные подходы к магнетизму двумерных зонных систем / А. А. Катанин, В. Ю. Ирхин, П. А. Игошев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 175 с. : рис., табл. - ISBN 978-5-9221-1425-7.
5. Квантовая механика [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие для семинар. занятий и самостоят. работы / Сиб. федерал. ун-т ; сост. А. С. Федоров [и др.]. - Электрон. текстовые дан. (PDF, 450 Кб). - Красноярск: СФУ, 2012. - 40 с.
6. Борисёнок, С.В. Квантовая статистическая механика. [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Борисёнок, А.С. Кондратьев. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2011. — 132 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2672 — Загл. с экрана.
7. Вшивков, Сергей Анатольевич. Самоорганизация, фазовые переходы и свойства анизотропных сред в магнитном и механическом полях [Текст] : монография / С. А. Вшивков, А. Ю. Зубарев, А. П. Сафронов ; Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького. - Екатеринбург : АМБ, 2011. - 383 с. : ил. - Библиогр.: с. 331-380. - 100 экз.. - ISBN 978-5-8057-0770-5 (в пер.)
8. Никитенко, Юрий Васильевич. Рефлектометрия поляризованных нейтронов / Ю. В. Никитенко, В. Г. Сыромятников. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 219 с. : 4 л. цв. ил., рис., табл. - ISBN 978-5-9221-1491-2.
9. Суздалев, Игорь Петрович. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах : [монография] / И. П. Суздалев. - Москва : URSS ; Москва : КРАСАНД, 2012. - 474 с. : рис. - ISBN 978-5-396-00416-0.

10. Блюмих, Бернард. Основы ЯМР [Текст] : для ученых и инженеров / Б. Блюмих ; пер. П. А. Беляков ; ред. В. П. Анаников. - Москва : Техносфера, 2011. - 252 с.
11. Семенов, Владимир Семенович. Тонкопленочные магнитные наноэлементы. Структура доменных границ в тонких магнитных пленках [Текст] : научное издание / В. С. Семенов. - Москва : URSS, 2012. - 263 с. : ил. - Библиогр.: с. 249-263. - ISBN 978-5-397-02758-8 : 342.90 р.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Вонсовский, С. В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков / С. В. Вонсовский. - Электрон. текстовые дан. (64,89 Мб.). - Москва: Наука, 1971. - 1027 с.
   Режим доступа:
   http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/U53/i-795972.pdf
2. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений) [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Сиб. федерал. ун-т ; сост. Н. В. Волков [и др.]. - Электрон. текстовые дан. (PDF, 1,8 Мб). - Красноярск : СФУ, 2012. - 38 с.
   http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/b22/i-885602.pdf
3. Вонсовский, С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. - Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит], 1984. - 208 с.
4. Физика магнитных явлений. Ферромагнетизм [Текст] : учебное пособие / Н. В. Волков ; Сиб. федер. ун-т, Ин-т инж. физики и радиоэлектроники. - Красноярск : СФУ, 2015. - 125 с. : ил. - Библиогр.: с. 125.
5. Крупичка, С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов / С. Крупичка; ред. А. С. Пахомов. - Москва: Мир, 1976 - . Т. 1. - 1976. - 353 с.
6. Тикадзуми, С. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества / С. Тикадзуми. - Москва: Мир, 1983. - 304 с.
7. Тикадзуми, С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения / С. Тикадзуми; пер. с яп. А. И. Леонов. - Москва: Мир, 1987. - 420 с.
8. Хандрих, К. Аморфные ферро-и ферримагнеики = Amorphe Ferro- und Ferrimagnetika: перевод с немецкого / К. Хандрих, С. Кобе. - Москва: Мир, 1982. - 293 с.
9. Малоземов, А. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами / А. Малоземов, Дж. Слонзуски; ред.: Г. А. Смоленский , Р. В. Писарев; пер. с англ. В. В. Волков; пер. С. А. Кижаев. - Москва: Мир, 1982. - 383 с.

Дополнительная литература:

1. Смоленский, Г. А. Физика магнитных диэлектриков / Г. А. Смоленский [и др.]; ред. Г. А. Смоленский. - Ленинград: Наука, Ленингр. отд-ние, 1974. - 454 с.
2. Займан, Д. М. Принципы теории твердого тела / Д. М. Займан. - Москва: Мир, 1974. - 472 с.
3. Займан, Дж. М. Модели беспорядка. Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем = Models of Disorder. The Theoretical Physics of Homogeneously Disordered Systems: перевод с английского / Д. М. Займан; под ред. В. Л. Бонч-Бруевич. - Москва: Мир, 1982. - 591 с.
4. Нагаев, Э. Л. Физика магнитных полупроводников / Э. Л. Нагаев. - Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит], 1979. - 432 с.
5. Мория, Т. Спиновые флуктуации в магнетиках с коллективизированными электронами = Spin fluctuations in itinerant Electron Magnetism: перевод с английского / Т. Мория. - Москва: Мир, 1988. - 288 с.
6. Еременко, В. В. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков / В. В. Еременко; отв. ред. М. Т. Шпак; Академия наук [АН] Украинской ССР [УССР]. Физико-технический институт низких температур. - Киев: Наукова думка, 1975. - 471 с.
7. Гуревич, А. Г. Магнитные колебания и волны / А. Г. Гуревич; - Москва: Физико-математическая литература: Наука, 1994. - 462 с.
8. Тябликов, С. В. Методы квантовой теории магнетизма / С. В. Тябликов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит], 1975. - 528 с.
9. Александров, К. С. Магнитные фазовые переходы в галоидных кристаллах / К. С. Александров, Н. В. Федосеева, И. П. Спевакова; отв. ред. Е. В. Кузьмин. - Новосибирск: Наука. Сибирское отделение [СО], 1983. - 193 с
10. Чечерников, В. И. Магнитные измерения / В. И. Чечерников. - 2-е изд., доп. и перераб. - Москва: Московский университет [МГУ] им. М.В. Ломоносова, 1969. - 388 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. http://www.nature.com
2. http://www.sciencemag.org
3. http://publish.aps.org
4. http://www.aip.org
5. http://www.fml.ru
6. http://ics.org.ru
7. www.ufn.ru
8. www.kirensky.ru

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для самостоятельного изучения теоретического материала рабочей программой предусмотрено 54 часа. В силу ограниченности аудиторного времени часть материала рассматривается достаточно кратко. При этом в основную программу дисциплины не входит такой раздел, как визуализация расчетных данных. В связи с этим, возникает необходимость самостоятельного изучения соответствующих тем для лучшего усвоения материала и грамотного представления результатов численных расчетов. Самостоятельная работа позволяет аспирантам лучше разобраться в тонкостях методов и подходов квантовой теории магнетизма. Изучая алгоритмы, используемые в конкретных физических задачах, аспиранты быстрее осознают практическую сторону рассматриваемых методов, степень их применимости к определенным задачам и роль численных методов в современной научной работе. Форма контроля самостоятельного изучения теоретического курса – экзамен.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья представляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1. Перечень необходимого программного обеспечения

1. Microsoft Office
2. Adobe Acrobat

9.2. Перечень необходимых информационных справочных систем

В рамках изучения дисциплины обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам:

- свободный доступ в сеть Интернет, в т.ч. к электронным реферативным базам данных, включающим научные журналы, патенты,

материалы научных конференций, информацию по цитируемости статей (в том числе и для российских авторов);

- доступ к библиотечному фонду (см. сайт СФУ, раздел «Библиотека», http://bik.sfu-kras.ru/);
- доступ к научной электронной библиотеке Elibrary (elibrary.ru);
- доступ к электронной библиотеке диссертаций РГБ (условия доступа – по логину/паролю с компьютеров НГБ СФУ; постраничный просмотр, печать и постраничное сохранение диссертации в графическом формате).

10. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного типа. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.