

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра Проектирования и технологии радиоаппаратуры



ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Дисциплина (модуль) по направлению подготовки
03.06.01 Физика и астрономия
Направленность: Физика конденсированного состояния

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

Г.Н. Чурсинова
подпись И.О.Фамилия
22 05 2018 г.
число месяц

Начальник УАО

Н.Н. Максимюк
подпись И.О.Фамилия
22 05 2018 г.
число месяц

Разработал:

Профессор кафедры ПТРА

В.М. Петров
подпись И.О.Фамилия
22 05 2018 г.
число месяц

Принято на заседании кафедры ПТРА

Протокол № 9 от 29.05 2018 г.

Заведующий кафедрой ПТРА

М.И. Бичурин
подпись И.О.Фамилия
29 05 2018 г.
число месяц

1 Цели и задачи Дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния»: формирование знаний о современном состоянии фундаментальных принципов и основных разделов физики конденсированного состояния, развитие умения выбирать и применять современные методы физики конденсированного состояния для решения конкретных задач

Задачи дисциплины «Физика конденсированного состояния»:

- обеспечить необходимыми знаниями о современном состоянии физики конденсированного состояния;
- изучить современные методы теоретической и экспериментальной физики конденсированного состояния;
- выработать умение постановки и решения задач физики конденсированного состояния.

2 Место Дисциплины в ОП направления подготовки

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к вариативной части дисциплин блока 1. Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами «Физика магнитоэлектриков» и «Физика пьезо- и сегнетоэлектриков» (3 семестр), «Физика ферритов» и «Квантовые явления в конденсированных средах» (4 семестр). Для изучения дисциплины используются знания, полученные при изучении Дисциплин (модулей) «Физика пьезо- и сегнетоэлектриков» «Физика ферритов», «Методология научных исследований и особенности проектной работы по направлению» в части использования основных понятий и терминов. Знания, полученные при изучении данной Дисциплины (модуля), необходимы при освоении дисциплин блока 3 «Научные исследования». Знания, навыки и опыт, полученные аспирантами за время изучения дисциплины (модуля), потребуются для эффективной научно-исследовательской работы аспиранта и выполнения научно-квалификационной работы (диссертации).

3 Требования к результатам освоения Дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: УК-1 - Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, ОПК-1 - Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, ПК-1 - Способность учитывать современные тенденции развития физики конденсированного состояния в своей профессиональной деятельности, ПК-4 - Способность использовать результаты исследований, знание закономерностей и тенденции развития физики конденсированного состояния для совершенствования в решении научно-инновационных задач, и применении результатов научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» аспирант должен знать, уметь и владеть:

Шифр Индикатора достижения результата обучения (ИДРО)	Планируемые индикаторы достижения результата обучения (освоения компетенции)	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции			
		Не достигнут (0-49%) Оценка: «Не удовлетворительно»	Достигнут на среднем уровне (50-59%) Оценка: «Удовлетворительно»	Достигнут на уровне выше среднего (60-89%) Оценка: «Хорошо»	Достигнут полностью (90-100%) Оценка: «Отлично»
УК-1 (31)	Знать: – методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
УК-1 (У1)	Уметь: – анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере
УК-1 (В1)	Владеть: – навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ОПК-1 (31)	Знать: – возможные способы разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния.	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ОПК-1 (У1)	Уметь: – применять известные научные результаты и методики для создания новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере

	конденсированного состояния.				
ОПК-1 (В1)	Владеть: – навыками и практическим опытом использования технологических и инструментальных средств для проектной реализации новых методов исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния.	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ПК-1 (31) ПК-1 (32) ПК-1 (33)	Знать: – историю развития представлений о физике конденсированного состояния; – современные методы физики конденсированного состояния; – как отражены современные тенденции развития физики конденсированного состояния	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ПК-1 (У1) ПК-1 (У2) ПК-1 (У3) ПК-1 (У4) ПК-1 (У5)	Уметь: – критически оценить и философски осмыслить современные тенденции развития научных знаний в области физики конденсированного состояния; – осуществлять отбор и критический анализ научно-технической и патентной информации в области физики конденсированного состояния; – оценить перспективы развития физики конденсированного состояния; – выбирать для достижения целей исследования современные методы физики конденсированного состояния; – популярно излагать современные тенденции развития физики конденсированного состояния	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере

ПК-1 (B1)	Владеть: – философскими приемами и навыками анализа путей развития физики конденсированного состояния; – навыками постановки перспективной цели исследований и конкретизации ее на уровне задач; – навыками углубленного анализа физики конденсированного состояния; – способностью к применению физики конденсированного состояния; – способностью к применению перспективных электронных и информационных технологий в образовательном процессе.	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ПК-1 (B2)					
ПК-1 (B3)					
ПК-1 (B4)					
ПК-1 (B5)					
ПК-4 (31)	Знать: – современные методологии научных исследований физики конденсированного состояния; – актуальные научные и технические проблемы, задачи и вопросы физики конденсированного состояния; – теорию физики конденсированного состояния; – современные методы и средства моделирования в физике конденсированного состояния.	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ПК-4 (32)					
ПК-4 (33)					
ПК-4 (34)					
ПК-4 (У1)	Уметь: – определить оптимальную методологию научных исследований и направление проектной работы, направленных на улучшение показателей качества разрабатываемых методов, устройств и систем – формировать математические модели физики конденсированного состояния, исходя из принципа достаточной точности – по результатам исследований процессов и явлений в физике конденсированного состояния, предлагать новые методы и алгоритмы обработки данных, повышающие их эффективность	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере
ПК-4 (У2)					
ПК-4 (У3)					
ПК-4 (У4)					

ПК-4 (У5)	– применять методы анализа и синтеза при исследовании и разработке эффектов физики конденсированного состояния				
ПК-4 (У6)	– генерировать, оценивать и использовать новые идеи (креативность), способность находить творческие, нестандартные решения в процессе исследования физики конденсированного состояния – делать аргументированное обоснование выбранного метода повышения эффективности используемых методов				
ПК-4 (В1)	Владеть: – навыками аналитического исследования физики конденсированного состояния	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ПК-4 (В2)	– современными компьютерными программами по моделированию эффектов физики конденсированного состояния				
ПК-4 (В3)	– навыками создания теоретических и математических моделей физики конденсированного состояния				
ПК-4 (В4)	– методами математического моделирования и создания оригинальных математических моделей при проведении научных исследований, разработке и эксплуатации объектов профессиональной деятельности				
ПК-4 (В5)	– перспективными информационными технологиями, в том числе цифровыми, применяемыми при разработке высокоэффективных методов исследований в физике конденсированного состояния.				

4 Структура и содержание Дисциплины

4.1 Трудоемкость Дисциплины

В структуре УМ выделены учебные элементы дисциплины в качестве самостоятельных разделов.

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам		
		7 СЕМ		
Трудоемкость «дисциплины» в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	3		

Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ): 1) УЭМ 1 Зонная теория твердых тел. Колебания кристаллической решетки - лекции - практические занятия (семинары) - лабораторные работы - аудиторная СРС - внеаудиторная СРС				
	12	12		
	6	6		
	18	18		
2) УЭМ 2 Основы теории конденсированного состояния - лекции - практические занятия (семинары) - лабораторные работы - аудиторная СРС - внеаудиторная СРС				
	12	12		
	6	6		
	18	18		
Аттестация: - зачеты** - экзамены	36 экзамен	36 экзамен		

4.2 Содержание и структура разделов Дисциплины (модуля)

УЭМ 1 Зонная теория твердых тел. Колебания кристаллической решетки

1.1 Структура твердых тел.

1.2 Зонная теория твердых тел

1.3 Колебания кристаллической решетки

УЭМ 2 Основы теории конденсированного состояния

2.1 Тепловые свойства твердых тел

2.2 Электронные свойства твердых тел

2.3 Магнитные и оптические свойства твердых тел

Календарный план, наименование разделов Дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте Дисциплины (модуля) (приложение Б).

4.3 Темы практических занятий

ПР1) Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса..

ПР2) Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера

ПР3) Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.

ПР4) Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны.

Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.

ПР5) Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков.

ПР6) Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости.

4.4 Организация изучения дисциплины (модуля)

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины (модуля) и достижении планируемых результатов обучения для достижения заданного уровня освоения компетенций с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий и электронной информационно-образовательной среды даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения дисциплины (модуля)

Контроль качества освоения аспирантами дисциплины (модуля) и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием бально-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения дисциплины используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, промежуточная аттестация (семестровый контроль). Оценка качества освоения Дисциплины осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данной Дисциплины, по всем формам контроля.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте Дисциплины (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины представлено «Картой учебно-методического обеспечения» (Приложение Б)

7 Материально-техническое обеспечение Дисциплины

Для осуществления образовательного процесса по Дисциплине (модулю) используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения Дисциплины (модуля)

Б – Технологическая карта

В - Карта учебно-методического обеспечения Дисциплины (модуля)

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния»

Дисциплина (модуль) «Физика конденсированного состояния» разделен на два учебных элемента дисциплины (модуля) (УЭМ): «Зонная теория твердых тел. Колебания кристаллической решетки» и «Основы теории конденсированного состояния». Каждый из УЭМ состоит из взаимосвязанных разделов, по которым предусмотрены лекционные и практические занятия. Первый учебный элемент посвящен изучению основ физики твердого тела. Второй УЭМ посвящен изучению физических свойств твердых тел.

Экзамен проводится в период экзаменационной сессии, в форме кандидатского экзамена, который предполагает, что его прием осуществляет комиссия, состав которой регламентирован приказом Министерства образования и науки РФ от 28.03.2014 г. № 247 «Об утверждении порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня».

А.1 Методические рекомендации по теоретической части Дисциплины (модуля)

Теоретическая часть Дисциплины (модуля) направлена на формирование системы знаний о кристаллической структуре, физических свойствах конденсированного состояния.

Вопросы по дисциплине «Физика конденсированного состояния»

1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
2. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, приведенная масса, движение в центральном поле.
3. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
4. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы, полярные координаты. Колебания при наличии трения.
5. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.
6. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение. Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
7. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
8. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.
9. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
10. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
11. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
12. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
13. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на больших расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
14. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков.
15. Магнитные свойства. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.
16. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.
17. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса-Кронига. Плоская монохроматическая волна. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление. Принцип взаимности.
18. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.
19. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.
20. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация

второй гармоники.

21. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова.
22. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлееское рассеяние.
23. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.
24. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
25. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау-Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.
26. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.
27. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.
28. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение.
29. Уравнение Фоккера-Планка. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.
30. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.
31. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Представления Гейзенберга, Шрёдингера и Дирака. Соотношения неопределенности.
32. Уравнение Шрёдингера. Основные свойства уравнения Шрёдингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.
33. Момент импульса. Собственные функции и собственные значения момента импульса. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.
34. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шрёдингера. Атом водорода.
35. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.
36. Спин. Оператор спина. Тонкая структура атомных уровней.
37. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.
38. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура темных уровней. Приближение Хартри-Фока. Периодическая система Менделеева.
39. Движение в магнитном поле. Уравнение Шрёдингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.
40. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Матрица рассеяния.
41. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
42. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-

- Шателье. Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.
43. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.
44. Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.
45. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.
46. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиса. Критическая точка.
47. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
48. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.
49. Твердые тела. Кристаллические структуры. Теорема Блоха. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.
50. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.
51. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Джозефсона.
52. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.
53. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.
54. Неидеальный бозе-газ. Симметрия волновой функции системы бозонов, бозе-конденсат. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Двухжидкостное описание. Критерий Ландау. Теория Фейнмана. Квантовые вихри. Корреляции в положении частиц бозе-газа.
55. Типы и симметрия твердых тел. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха.
56. Зонная структура и типы связи. Квазичастицы. Электронная теплоемкость.
57. Поверхность Ферми. Диамагнитный и циклотронный резонанс. Открытые орбиты. Квантование орбит. Эффект де Гааза-ван Альфена.
58. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки. Квантование фононов. Ангармонизм и тепловое расширение. Фактор Дебая-Уоллера.
59. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов в диэлектрике. Теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона.
60. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. Природа магнетизма металлов. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.
61. Магнитный порядок. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля

для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков. Спиновые волны (магноны). Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. Вклад магнонов в термодинамику магнетиков. Динамика магнитного момента в ферромагнетике. Уравнение Ландау-Лифшица.

62. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров.

63. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля. Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.

64. Функции Грина. Корреляционные функции. Термодинамический предел и квазисредние. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина. Диаграммная техника при конечных температурах. Кинетические уравнения.

65. Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.

66. Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.

Опрос в электронном виде, а также дополнительный материал дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения содержится на сайте <http://www.i-exam.ru/>.

На 9 неделе проводится контрольная работа в тестовой форме. Работа состоит из пяти тестов в соответствии с изученными темами УЭМ1.

А.2 Методические рекомендации по проведению практических занятий

При проведении практических занятий студенты самостоятельно выполняют индивидуальное задание, получая необходимые консультации у преподавателя. Занятия строятся следующим образом.

Первое занятие:

- студенты знакомятся с порядком выполнения, защиты задания, правилами оформления отчета;
- студентам указывается число баллов, которое можно набрать при выполнении лабораторного практикума;
- выдаются индивидуальные задания.

Второе занятие:

- студенты выполняют индивидуальные задания.

На каждом последующем занятии:

- проводится защита выполненной практической работы;
- выполняются последующие работы.

Без защиты индивидуальных заданий допускается выполнить только две работы.

Практикум считается выполненным, если студент выполнил и защитил все работы, набрав при этом минимально необходимую сумму баллов. Перечень практических занятий указан в разделе 4.3 настоящей рабочей программы.

При решении задач рекомендуется руководствоваться известными правилами.

1 Внимательно прочитайте условие задачи. Сделайте, если это возможно, краткую математическую запись её условия, проследите, чтобы все заданные величины были выражены в системе единиц СИ. Если позволяет характер задачи, обязательно сделайте рисунок, поясняющий её сущность. Как правило, этот процесс сопровождается рассуждениями уже позволяющими выявить круг явлений, о которых идет речь.

3 Помните, что все задачи решаются с помощью физических законов, описывающих физические явления.

4 За редким исключением, каждая задача должна быть решена в общем виде, причем искомая величина должна быть выражена через заданные в задаче величины и возможные известные в физике константы.

5 Решение в общем виде, проверьте на правильность единиц полученной (искомой) физической величины. Если возможно, исследуйте поведение решения в предельных случаях.

6 Подставьте в общее решение числовые значения заданных в задаче величин и табличные значения физических констант. Произведите вычисления, руководствуясь при необходимости правилами приближенных вычислений. Заметим, что современные вычислительные средства, позволяют эту задачу решить достаточно просто.

7 Оцените правдоподобность числового ответа, полученного в результате вычислений. Такая оценка может в ряде случаев обнаружить ошибочность полученного результата.

А.4 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Для подготовки к практическим работам, контрольной работе и зачету рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в карте учебно-методического обеспечения.

Приложение Б
(обязательное)
Технологическая карта
Дисциплины (модуля) «Физика конденсированного состояния»
семестр 7, ЗЕТ 3, вид аттестации зачет, акад.часов_108_, баллов рейтинга_150__

№ и наименование раздела Дисциплины (модуля), КП/КР	№ неде- ли сем.	Трудоемкость, ак.час				СРС	Форма текущего контроля успев. (в соотв. с паспортом ФОС)	Шифры ИДРО	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Контактная работа (аудиторные занятия)							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
УЭМ 1 Зонная теория твердых тел. Колебания кристаллической решетки:									
1.1 Структура твердых тел.	1-2	4				6	СРС1	УК-1(31)	10
	3		2				ПР1	УК-1(У1)	10
1.2 Зонная теория твердых тел	4-5	4					СРС2	ОПК-1 (31)	10
	6		2			6	ПР2	ОПК-1 (У1)	10
1.3 Колебания кристаллической решетки	7-8	4					СРС3	ОПК-1 (В1)	10
	9		2			5	ПР3	ПК-1 (31-33)	10
								ПК-1 (У1-У5)	10
								ПК-1 (В1-В5)	
Контрольная работа	9					1	КР	ПК-4 (31-34)	15
Промежуточная аттестация (рубежный контроль)								ПК-4 (У1-У6)	75
								ПК-4 (В1-В5)	
УЭМ 2 Основы теории конденсированного состояния:									
2.1 Тепловые свойства твердых тел	10-11	4				6	СРС4		4
	12		2				ПР4		4
2.2 Электронные свойства твердых тел	13-14	4				6	СРС5		4
	15		2				ПР5		4
2.3 Магнитные и оптические свойства твердых тел	16-17	4				6	СРС6		4
	18		2				ПР6		5
Экзамен						36			50
Промежуточная аттестация (семестровый контроль)									75
Итого:		24	12			72			150

В соответствии с положениями «О балльно-рейтинговой системе обучения аспирантов и ординаторов по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и ординатуре» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» перевод баллов рейтинга в традиционную систему оценок осуществляется по шкале:

отлично – (90-100) % от 50 х Т

хорошо – (70-89) % от 50 х Т

удовлетворительно – (50-69) % от 50 х Т

неудовлетворительно – менее 50 % от 50 х Т

Т- трудоемкость в зачетных единицах

Приложение В
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения

Дисциплины (модуля) Физика конденсированного состояния
Формы обучения очная
Курс 4 **Семестр** 7
Часов: всего 108, **лекций** 24, **практ. зан.** 12, **лаб. раб.** _____,
СРС и виды индивидуальной работы 72

Таблица 1- Обеспечение Дисциплины (модуля) учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библиот. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Захаров А. Ю. Основы термодинамики : учеб. пособие / А.Ю. Захаров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2015. - 51, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 48-51. - 29.00, 500 экз. Сигла хранения Ф1-10	10	https://novsu.bibliotek.ru/Reader/Book/-3210
2 Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики : сб. науч. тр. / Редкол.: В.В.Иванов и др.; Твер. гос. ун-т. - Тверь, 2002. - 141, [1] с. : ил. - 35.00	1	
Зисман Г. А. Курс общей физики : учеб. пособие для вузов. Т. 2 : Электричество и магнетизм / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. - 7-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2007. - 352 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов, Специальная литература) (Лучшие классические учебники). - Указ.: с. 350-352. - На обл.: Знание, уверенность, успех!. - ISBN 978-5-8114-0752-1. - ISBN 978-5-8114-0754-5 : (в пер.) : 371.36. - 372.00, 2000 экз	61	
4 Михайлов А. В. Единая физическая теория. - СПб. : Реноме, 2008. - 27, [5] с. - Библиогр.: с. 29. - ISBN 978-5-98947-113-3 : 35.00	1	
5 Богомолов А.А. Пирозлектрический эффект в сегнетоэлектриках : учеб. пособие для вузов / Твер. гос. ун-т. - Тверь : Издательство Твер. гос. ун-та, 2004. - 107, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 105-106. - ISBN 5-7609-0272-5 : 88.00	1	
Учебно-методические издания		

1 Физика конденсированного состояния: Рабочая программа по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия /– Новгород, 2019.		
--	--	--

Таблица 2 – Информационное обеспечение Дисциплины (модуля)

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Единый портал интернет-тестирования	http://www.i-exam.ru/	
1 Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru	
2 НБ НовГУ	http://www.novsu.ru/dept/1114/ (	
3 ЭБС «АЙБУКС»	http://ibooks.ru/	Полные тексты учебников, учебных пособий, практикумов, сборников задач и монографий
4 ЭБС «Электронный читальный зал-БиблиоТех»	http://novsu.bibliotech.ru	-Полные тексты внутривузовских изданий НовГУ; -Приобретённые лицензионные тексты учебной и научной литературы;
5 ЭБС «Лань»	https://e.lanbook.com/	Лицензионная учебная и профессиональная литература
6 «Национальная электронная библиотека»	https://xn--90ax2c.xn--p1ai/about/	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
---	-------------------------	---------------

1 Белоконь А. В. Математическое моделирование необратимых процессов поляризации / А. В. Белоконь, А. С. Скалиух. - М. : Физматлит, 2010. - 328 с. : ил. - Библиогр.: с. 302-328. - ISBN 978-5-9221-1275-8 : (в пер.) : 350.90, 100 экз	3	
2 Иродов И.Е. Электromagnetизм. Основные законы : учеб. пособие для вузов. - 6-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 319,[1]с. : ил. - (Общая физика). - Прил.: с. 311-316. - Указ.: с. 317-319. - ISBN 978-5-94774-690-7 : (в пер.) : 114.00.	2	
3		
4		
5		

Действительно для учебного года 2018 / 2019

Зав. кафедрой

подпись

М.И. Бичурин

И.О.Фамилия

22

05

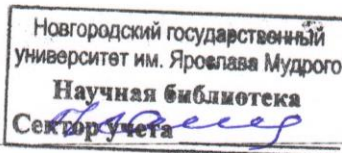
2018 г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

з. Библиот.

должность



подпись

Копинин Н.А

расшифровка

Лист внесения изменений к рабочей программе дисциплины

[illegible]