

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра «Нанотехнологии и новые материалы»

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 201_ г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая физика твердого тела

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

011200.68 – «Физика»

Магистерская программа

Физика наноструктур и наноматериалов

Квалификация (степень) выпускника

магистр

Форма обучения

очная

г. Дубна, 2014 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация (степень) "магистр")

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Нанотехнологии и новые материалы»

Протокол заседания № _____ от « ____ » _____ 201_ г.

Заведующий кафедрой / _____ / Осипов В.А.

Декан факультета естественных и инженерных наук _____ / Деникин А.С. /
(подпись) (ФИО)

« ____ » _____ 201_ г.

Рецензент: _____
(ученая степень, ученое звание, ФИО)

_____ (место работы, должность)

Руководитель библиотечной системы _____ / Черепанова В.Г. /
(подпись) (ФИО)

Оглавление

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.1. Выписка из федерального государственного образовательного стандарта Ошибка! Закладка не определена.	
1.2. Цели освоения дисциплины:	4
1.3. Задачи курса:	4
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры:	4
2.1. Структурный элемент ООП ВПО	4
2.2. Список дисциплин, знание которых необходимо для изучения курса данной дисциплины.....	4
3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	5
4. Содержание и структура дисциплины	6
4.1. Содержание разделов дисциплины.....	6
4.2. Структура дисциплины	11
4.3. Разделы дисциплины, изучаемые в 1 и 2 семестрах	12
4.4. Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности.....	13
5. Образовательные технологии:	15
5.1. Перечень обязательных видов работы студента:	15
5.2. Активные и интерактивные формы проведения занятий по видам аудиторных занятий.....	16
6. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	16
6.1. Методика формирования результирующей оценки.	16
6.2. Образцы оценочных средств	17
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	21
7.1. Основная литература.....	21
7.2. Дополнительная литература	22
7.3. Периодические издания	22
7.4. Интернет – ресурсы	22
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	22
9. Матрица компетенций	23

1. Цели и задачи освоения дисциплины

1.1. Цели освоения дисциплины

1. Овладение основами квантовой теории твердых тел с целью их дальнейшего использования в профессиональной деятельности при описании и исследовании различных свойств материалов и наноструктурированных материалов;
2. Формирование необходимого уровня научно-исследовательской культуры, обеспечивающего как умение разбираться в современных проблемах материаловедения и выработать способы решения практических задач, так и самостоятельно продолжить свое образование и профессиональное совершенствование в области физики твердого тела.

1.2. Задачи курса

1. Знакомство студентов с современными проблемами материаловедения, решение которых возможно с помощью методов квантовой физики твердого тела;
2. Знакомство обучающихся с теориями, лежащими в основе современных проблем физики, химии и механики материалов и наноструктурированных материалов;
3. Приобретение студентами на семинарах необходимого опыта решения практических задач квантовой физики твердого тела;
4. Приобретение в ходе выполнения домашних заданий студентами навыков самостоятельного анализа достижений современной физики твердого тела, практических применений этих достижений, а также умения подготовки аналитических материалов и докладов по тематике курса.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры:

2.1. Структурный элемент ООП ВПО

Дисциплина относится к циклу М1 «Общенаучный цикл», к вариативной части.

2.2. Список дисциплин, знание которых необходимо для изучения курса данной дисциплины.

Требования к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин программы бакалавриата:

- Обыкновенные дифференциальные уравнения. Уравнения математической физики
- Общая физика
- Квантовая механика
- Общая физика (дополнительные главы)
- Введение в физику твердого тела

2.3. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее

- Методы математической физики
- Численное решение уравнений математической физики
- Методы характеристики наноструктур

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.

Компетенции студента, формируемые в результате освоения дисциплины:

общекультурные компетенции (ОК):

способность демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук (ОК-1)

профессиональные компетенции (ПК):

научно-инновационная деятельность:

способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-6);

способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-7);

способность организовать и планировать физические исследования (ПК-9);

В результате изучения дисциплины студент должен:

ЗНАТЬ

<i>Результат обучения</i>	<i>компетенция</i>	<i>Образовательная технология</i>	<i>Вид задания</i>
Знать основные понятия и определения изучаемой дисциплины;	ОК-1 ПК-6 ПК-7 ПК-9	Все лекции, все семинары	Зачет, экзамен
Знать основные понятия квантовой механики, служащие основой квантовой теории твердых тел	ОК-1 ПК-6 ПК-7	Л1, Л19-Л22, С1, С2, С4, ДПР1, ДПР2, ДПР10-ДПР12	Зачет, экзамен
Знать основы квантовой электроники, практических применений лазеров и мазеров	ОК-1 ПК-6 ПК-7 ПК-9	Л1-Л3, С3	реферат, зачет, экзамен
Знать особенности магнитных свойств наносистем и их практические применения	ОК-1 ПК-6 ПК-7 ПК-9	Л14-Л15, С17-С19, ДПР8	Зачет, экзамен
Знать основные свойства квантовых жидкостей	ОК-1 ПК-6 ПК-7	Л18, С20, С21	зачет
Знать типичные механизмы фазовых переходов	ОК-1 ПК-6 ПК-7	Л24, Л25, С24, ДПР14-ДПР19	зачет

УМЕТЬ

<i>Результат обучения</i>	<i>компетенция</i>	<i>Образовательная технология</i>	<i>Вид задания</i>
Обоснованно излагать основные вопросы квантовой физики	ОК-1 ПК-6 ПК-7 ПК-9	Все лекции и семинары	Все домашние практические работы, зачет

твердых тел			
Решать типовые задачи по программе курса;	ОК-1 ПК-6 ПК-7	Семинары, домашние практические работы	С1-С6, С8-С13, С16, С18, С22, С23, зачет
Подготовить реферат по заданной научной теме	ОК-1 ПК-6 ПК-7 ПК-9	самоподготовка	зачет

ВЛАДЕТЬ

<i>Результат обучения</i>	<i>компетенция</i>	<i>Образовательная технология</i>	<i>Вид задания</i>
Владеть основными математическими методами решения задач квантовой физики твердых тел	ОК-1 ПК-6 ПК-7 ПК-9	Все лекции и семинары	Все домашние практические работы, зачет

4. Содержание и структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

4.1. Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Возникновение квантовой механики. Введение.	Тепловое излучение абсолютно черного тела. Закон Вина и формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа Гипотеза Планка. Квантование энергии. Распределение Больцмана Каноническая статистическая сумма Среднее значение энергии системы. Числа заполнения Плотность энергии излучения. Предельные случаи формулы Планка Стационарное и нестационарное уравнения Шредингера	С1
2	Основы квантовой электроники	Поглощение и испускание фотонов веществом. Открытие стимулированного излучения. Физические основы лазерного эффекта Уравнения Эйнштейна Накачка, инверсная заселенность, отрицательная температура	С2

		системы Когерентность излучения	
3	Лазеры и мазеры	Лазер как оптический осциллятор. Оптическая обратная связь. Оптический резонатор. Граничные условия. Набор резонансных частот. Моды оптических колебаний. Добротность резонатора. Время жизни фотона в резонаторе. Типы лазеров. Твердотельные, газовые и полупроводниковые лазеры. Принцип работы полупроводниковых лазеров. Применения лазеров. Оптическая связь Хранение информации Лазерные принтеры Лазерные шоу Лазерная обработка Медицинские применения Военные применения	С3, реферат
4	Магнетизм атомов. Введение	Механический и магнитный момент электрона на атомной орбите. Гиромагнитное отношение. Модель атома Н.Бора. Боровский радиус. Энергия ионизации атома водорода. Магнетон Бора. Пространственное квантование. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Опыт Штерна-Герлаха Фактор Ланде. Строение атомов. Принцип запрета Паули. Квантовые числа. Принцип заполнения электронных оболочек.	С4, реферат
5	Магнетизм атомов	Электронные орбитали. Форма орбиталей. Перекрывание орбиталей. Энергетический баланс орбиталей. Электронные термы. Правило Хунда. Энергия магнитного дипольного взаимодействия. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия. Обменный интеграл.	С5
6	Диамагнетизм	Классификация материалов по их магнитным свойствам. Классификация материалов по	С6

		<p>величине магнитной восприимчивости.</p> <p>Диамагнитные и парамагнитные материалы.</p> <p>Классический вывод формулы Ланжевена для диамагнитной восприимчивости.</p> <p>Квантовомеханический вывод формулы Ланжевена.</p>	
7	Парамагнетизм Паули	<p>Статистика Ферми-Дирака. Эффект Зеемана.</p> <p>Ферми газ свободных электронов. Энергия Ферми, импульс Ферми. Плотность электронных состояний. Внутренняя энергия электронов. Газ свободных электронов во внешнем магнитном поле. Вывод формулы для парамагнитной восприимчивости газа свободных электронов.</p>	C11
8	Диамагнетизм Ландау	<p>Квантование энергии частицы при движении в однородном магнитном поле.</p> <p>Упрощенный вывод формулы для диамагнитной восприимчивости Ландау.</p> <p>Сравнение диамагнитной и парамагнитной восприимчивостей твердых тел.</p>	C7, C8, реферат
9	Квантовая теория парамагнетизма	<p>Вывод закона Кюри для двухуровневой системы.</p> <p>Температурная зависимость парамагнитной восприимчивости.</p> <p>Вывод закона Кюри для произвольного значения полного момента количества движения.</p> <p>Парамагнетизм Ван Флека.</p> <p>Итоговые выводы по диамагнитным и парамагнитным свойствам твердых тел.</p>	C9, C10
10	Ферромагнетизм	<p>Ферромагнетизм переходных металлов. Закон Кюри-Вейса.</p> <p>Обменное (среднее) поле Вейса</p> <p>Модель Гейзенберга. Обменный интеграл Гейзенберга. Вычисление постоянной среднего поля.</p> <p>Спин-орбитальное взаимодействие.</p> <p>Замораживание орбитального момента.</p> <p>Энергия магнитной анизотропии.</p>	C12
11	Магнитные домены	<p>Причины возникновения доменов.</p> <p>Классификация доменных стенок.</p>	C15

		Стенка Блоха. Стенка Неля. Поворотная стенка. Магнитный гистерезис. Петля гистерезиса. Коэрцитивная сила. Магнитомягкие и магнито жесткие материалы и их практические применения. Температурная зависимость намагниченности насыщения.	
12	Непрямое обменное взаимодействие	4-f электронные оболочки. Взаимодействие локализованных электронов с электронами проводимости. РККИ-обменное взаимодействие Суперобмен. Правила Гудэнафа-Канамори. Двойной обмен.	C14
13	Спиновые волны	Спиновые волны в ферромагнетике. Закон дисперсии спиновых волн. Спиновые волны в антиферромагнетике. Сравнение с экспериментом. Квантование спиновых волн. Магноны. Плотность состояний магнонов. Температурная зависимость намагниченности. Теплоемкость магнонов.	C16
14	Магнитные наночастицы	Магнитные наночастицы. Виды наночастиц. Стабилизация наночастиц. Суперпарамагнетизм. Время Неелевской релаксации. Зависимость намагниченности суперпарамагнетика от внешнего поля. Отличия от ферромагнитных и парамагнитных материалов. Приготовление наночастиц для биомедицинских применений. Физические принципы, лежащие в основе био-медицинских применений магнитных наночастиц.	ДПР8, реферат
15	Магнитные биосенсоры	Применения биосенсоров в биологии и медицине. Магнитная фильтрация. Изучение взаимодействия белков с помощью магнитных сенсоров. Изучения повреждений ДНК с помощью магнитных сенсоров. Гигантское магнитосопротивление в био-медицинских сенсорах.	C17, C18, C19

		Микро датчик Холла для детектирования магнитных наночастиц. Диагностический магнитный резонанс.	
16	Плазмоны и экситоны	Плазменная частота Одночастичные и коллективные возбуждения Экспериментальное наблюдение плазмонов Дебаевская длина экранирования Поверхностные плазмоны Экситоны Френкеля в кристаллах изоляторов Экситоны Ваннье	C23
17	Поляроны и взаимодействие электронов с фононами	Энергия малого полярона Энергия полярона большого радиуса Константа связи между оптическими фононами и электронами Подвижность полярона малого радиуса	C22
18	Квантовые жидкости	Конденсация идеального Бозе-газа Свойства жидкого гелия-4 Структура и возбуждения Объяснение сверхтекучести по Ландау	C20, C21, реферат
19	Теория энергетических зон электронов	Образование энергетических зон Энергетические зоны в пустой решетке и поверхность Ферми Метод сильной связи	ДПР9
20	Методы плоских волн	Метод плоских волн Метод ортогонализированных плоских волн Метод псевдопотенциала	ДПР10
21	Методы ячеек	Метод присоединенных плоских волн Метод ячеек Вигнера-Зейтца Метод квантового дефекта	ДПР11
22	Уравнения Хартри-Фока	Приближение Борна-Оппенгеймера Приближение Хартри Приближение Хартри-Фока Спиновые орбитали. Оператор Хартри-Фока	ДПР12
23	Электронные свойства при наличии магнитного поля	Теория электропроводности в магнитном поле Эффект Холла Квантовый эффект Холла	C18, ДПР13, реферат
24	Ангармонические эффекты в кристаллах	Ангармонические теории. Уравнение состояния и тепловое расширение кристалла	C24, ДПР16, ДПР14-

		Параметр Грюнайзена Теплопроводность решетки	
25	Фазовые переходы	Фононы и структурные фазовые переходы. Флуктуации и порядок Мягкие моды Собственный вектор и параметр порядка	С24, ДПР17- ДПР19

4.2. Структура дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		1	2
Общая трудоемкость дисциплины	252	135	117
Аудиторные занятия:	99	51	48
Лекции (Л)	50	34	16
Семинары (С)	49	17	32
Самостоятельная работа:	126	57	69
Домашняя практическая работа (ДПР)	44	16	28
Реферат (Р)	52	26	26
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)	30	15	15
Подготовка и сдача экзамена	27	27	-
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Зачет Экзамен Зачет с оценкой	Зачет Экзамен	Зачет с оценкой

4.3. Разделы дисциплины, изучаемые в 1 и 2 семестрах

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
				Л	ПЗ(С)	СР	
ВСЕГО		1		34	17	57	
Л1	Возникновение квантовой механики. Введение.	1	1	2	2	-	С1
Л2	Основы квантовой электроники	1	2	2	1	2	С2
Л3	Лазеры и мазеры	1	3	2	2	2	С3, реферат
Л4	Магнетизм атомов. Введение.	1	4	2	2	3	С4, реферат
Л5	Магнетизм атомов	1	5	2	1	2	С5
Л6	Диамагнетизм	1	6	2	1	2	С6, С8
Л7	Парамагнетизм Паули.	1	7	2	1	2	С11
Л8	Диамагнетизм Ландау	1	8	2	-	-	С7
Л9	Квантовая теория парамагнетизма	1	9	2	-	-	С9, С10, С13
Л10	Ферромагнетизм	1	10	2	1	2	С12
Л11	Магнитные домены	1	11	2	-	-	С15
Л12	Непрямое обменное взаимодействие	1	12	2	-	-	С14
Л13	Спиновые волны	1	13	2	2	-	С16
Л14	Магнитные наночастицы	1	14	2	-	-	ДПР8
Л15	Магнитные биосенсоры	1	15	2	-	-	С17, С18, С19
Л16	Плазмоны и экситоны	1	16	2	2	1	С23
Л17	Полярны и взаимодействие электронов с фононами	1	17	2	2	-	С22

	Подготовка и защита реферата	1	3-17	-	-	26	Взаимное рецензирование рефератов студентами
	Подготовка к зачету	1	18	-	-	15	Зачет, экзамен
	Подготовка к экзамену	1	-	-	-	27	Экзамен
ВСЕГО		2		16	32	69	
Л18	Квантовые жидкости	2	1	2	4	5	С20, С21
Л19	Теория энергетических зон электронов	2	3	2	4	2	ДПР9
Л20	Методы плоских волн	2	5	2	4	3	ДПР10
Л21	Методы ячеек	2	7	2	4	3	ДПР11
Л22	Уравнения Хартри-Фока	2	9	2	4	2	ДПР12
Л23	Электронные свойства при наличии магнитного поля	2	11	2	4	4	ДПР13
Л24	Ангармонические эффекты в кристаллах	2	13	2	4	4	С24, ДПР14-ДПР16
Л25	Фазовые переходы	2	15	2	4	5	С24, ДПР17-ДПР19
	Подготовка и защита реферата		2-15	-	-	26	Взаимное рецензирование рефератов студентами
	Подготовка к зачету	2	17	-	-	15	Зачет с оценкой

4.4. Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности

Практические занятия

№ п/п	Наименование практических занятий (семинаров)	Кол-во ч.
С1	Вывод распределения Больцмана и формулы Планка	2
С2	Решение задач по испусканию и поглощению фотонов	2
С3	Типичные задачи по расчету параметров лазерного излучения	2
С4	Вычисление характеристик электрона на атомных орбитах	2
С5	Вывод гамильтониана для электрона в магнитном поле	2
С6	Расчет характеристик электронов на атомных орбитах при наложении магнитного поля.	2
С7	Эффект де Гааза Ван-Альфвена	2
С8	Расчет диамагнитных свойств атомов водорода и гелия	2

C9	Расчет парамагнитных свойств одноатомных газов	2
C10	Расчет удельной теплоемкости двухуровневой системы	2
C11	Расчет основных параметров Ферми газа	2
C12	Расчет обменного интеграла кристалла железа	2
C13	Расчет магнитной восприимчивости системы из двух типов частиц	2
C14	Расщепление энергетических уровней электронов в кристаллическом поле	2
C15	Петли гистерезиса и схемы магнитных силовых линий магнитов различной формы	2
C16	Расчет теплоемкости магнонов в ферромагнетике и сравнение с формулой Дебая для фононов	
C17	Ядерный магнитный резонанс	
C18	Вычисления параметров эффекта Холла	2
C19	Гигантское магнитосопротивление	2
C20	Расчет теплового потока вдоль капилляра со сверхтекучим гелием	2
C21	Критические явления в жидком гелии	2
C22	Расчет экранирования заряженной примеси в полупроводнике	2
C23	Расчет энергии поверхностных плазмонов для металлов	2
C24	Связь квадрата частоты мягкой моды в кристаллах с разложением в ряд свободной энергии	2
C25	Повторение наиболее сложных разделов	1
	ВСЕГО:	49

Домашние практические работы

№ п/п	Наименование работы	Кол-во ч.
ДПР1	Фотоэлектрический эффект	2
ДПР2	Опыт Штерна-Герлаха	2
ДПР3	Ядерный магнитный резонанс	2
ДПР4	Теория металлов Друде	2
ДПР5	Теория металлов Зоммерфельда	2
ДПР6	Уровни электрона в периодическом потенциале	2
ДПР7	Теорема Блоха	
ДПР8	Суперпарамагнетизм	2
ДПР9	Энергетические уровни вблизи одной из Брэгговских плоскостей. Зоны Бриллюэна для двумерной квадратной решетки	3
ДПР10	Метод Гриновских функций	3
ДПР11	МТ-потенциал	2
ДПР12	Теория Хартри-Фока для свободных электронов	3
ДПР13	Магнитоакустический эффект, аномальный скин-эффект, размерные эффекты	3
ДПР14	Параметр Грюнайзена	2
ДПР15	Тепловое расширение	2
ДПР16	Нестабильность кристаллической решетки, обусловленная ангармонизмом	4
ДПР17	Фазовые переходы типа порядок-беспорядок	2
ДПР18	Фазовые диаграммы	2
ДПР19	Электрон-фононные модели	2
	ВСЕГО:	44

Темы рефератов

В качестве самостоятельного изучения разделов студентам предлагается подготовить и защитить на семинаре реферат по материалам одной из Нобелевских лекций, присужденных за исследования в области свойств конденсированных сред. На подготовку реферата предусматривается по 26 часов в каждом семестре.

Название темы	Год присуждения Нобелевской премии по физике
1. Эффект Зеемана	1902
2. Фотоэлектрический эффект	1922
3. Термоэлектронная эмиссия	1929
4. Рамановское рассеяние света	1930
5. Опыт Штерна-Герлаха	1943
6. Принцип Паули	1945
7. Ядерный магнитный резонанс	1952
8. Транзисторный эффект в полупроводниках	1956
9. Эффект Мессбауэра	1961
10. Сверхтекучесть гелия	1962
11. Мазеры и лазеры	1964
12. де Газа ван Альфвена эффект	1970
13. Теория сверхпроводимости БКШ	1972
14. Туннельные эффекты в твердых телах (полупроводники и сверхпроводники)	1973
15. Переход металл-диэлектрик	1977
16. Критические явления при фазовых переходах	1982
17. Квантовый эффект Холла	1985
18. Туннельный микроскоп	1986
19. Высокотемпературная сверхпроводимость	1987
20. Жидкие кристаллы	1991
21. Дифракция и неупругое рассеяние нейтронов	1994
22. Сверхтекучесть гелия-3	1996
23. Дробный квантовый эффект Холла	1998
24. Полупроводниковые гетероструктуры	2000
25. Бозе-Эйнштейновская конденсация разреженных газов щелочных металлов	2001
26. Вихри Абрикосова в сверхпроводниках	2003
27. Гигантское магнитосопротивление	2007
28. Открытие и свойства графена	2010

5. Образовательные технологии:

5.1. Перечень обязательных видов работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на семинаре;
- решение практических задач и заданий на семинаре;
- подготовка реферата и его защита на семинаре.

В учебном процессе, помимо чтения лекций, которые составляют 50% аудиторных занятий, широко используются активные и интерактивные формы (обсуждение отдельных разделов дисциплины, обсуждение методов и приемов решения задач).

Самостоятельная работа студентов предусматривает повторение лекционного материала, изучение дополнительных разделов необходимых для глубокого понимания изучаемого материала. Студенты должны самостоятельно освоить некоторые разделы статистической физики, необходимые для усвоения лекций. Основной формой самостоятельной работы студентов является подготовка реферата по заданной теме, защита его на семинаре и взаимное рецензирование рефератов студентами.

5.2. Активные и интерактивные формы проведения занятий по видам аудиторных занятий.

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 ФИЗИКА (квалификация (степень) «магистр») предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (семинаров в диалоговом режиме, дискуссий, компьютерных симуляций). Предусмотрено применение инновационных технологий обучения, в частности, преподавание дисциплины в форме авторского курса по программе, составленной на основе результатов исследований научных школ и учитывающей региональную и профессиональную специфику.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 16% от всего объема аудиторных занятий.

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
1	ПР	семинары в диалоговом режиме, дискуссии, компьютерные симуляции защита рефератов	8
2	ПР	семинары в диалоговом режиме, дискуссии, компьютерные симуляции защита рефератов	8
Итого:			16

6. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

В ходе изучения дисциплины используются различные виды контроля студента: домашние практические работы, типовые задания, защита и взаимное оппонирование рефератов студентами. Промежуточная аттестация осуществляется в виде зачета и экзамена в 1-ом семестре и зачета с оценкой во 2-ом семестре.

6.1. Методика формирования результирующей оценки.

Контроль усвоения студентами пройденного материала осуществляется непрерывно в виде следующих форм:

Текущий контроль знаний организуется путем краткого опроса по пройденному на предыдущем семинаре материалу.

При выборе критериев оценки освоения студентом программы дисциплины в обязательном порядке учитывается: выполнение программы в части лекционных, практических и самостоятельных работ.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета и экзамена в 1-ом семестре и зачета с оценкой во 2-ом семестре.

Зачет проводится на 17-ой неделе 1 семестра и формируется на основе текущего контроля успеваемости, а также защиты и оппонирования рефератов.

Параметры выставления зачета включают в себя:

1. оценку за аудиторную работу студента
2. оценки за контрольные работы
3. оценку за реферат.

Экзамен проводится в конце 1 семестра согласно расписанию экзаменационной сессии, в виде опроса по выбранному студентом билету, в который входят 2 вопроса и задача.

Зачет с оценкой проводится на 17-ой неделе 2 семестра и формируется на основе текущего контроля успеваемости, а также защиты и оппонирования рефератов.

Параметры выставления оценки включают в себя:

1. оценку за аудиторную работу студента
2. оценки за контрольные работы
3. оценку за реферат.

6.2. Образцы оценочных средств

Образцы задач

Задача 1.

100-метровый телескоп под Бонном (Германия) работает на длине волны 6см. Известно, что в полосе частот 300МГц (от 200 до 500 МГц) телескоп способен регистрировать потоки излучения 10^{-28} (Вт м⁻² Гц⁻¹).

Сколько фотонов за одну секунду регистрирует в среднем 1см² телескопа?

Задача 2.

С помощью формулы Вина оценить длину волны излучения

- А) батареи отопления (T=350K)
- Б) Солнца (T=6000K)
- В) ядерного взрыва (T=10⁶K)

Задача 3.

Лазер излучил импульс света длительностью 0,13 мс и энергией 10Дж. Найти среднее давление такого светового импульса, если его сфокусировать в пятно диаметром 10мкм на поверхность, перпендикулярную пучку, с коэффициентом отражения 0,5.

Задача 4.

Рассчитать энергию электрона на первой Боровской орбите атома водорода.

Задача 5.

Рассчитать среднеквадратичный радиус электрона для атома водорода в основном состоянии. Рассчитать диамагнитную восприимчивость моля атомарного водорода.

Задача 6.

Для парамагнитного одноатомного газа (10^{22} атомов в кубическом сантиметре, $L=0$, $S=1/2$) найти заселенность уровней в магнитном поле 25кЭ для температур 300К и 4К .

Задача 7.

Расщепление на два дублета основного состояния хромокалиевых квасцов при нулевом магнитном поле соответствует температуре $0,25\text{К}$. вывести формулу для удельной магнитной теплоемкости такой соли.

Задача 8.

Рассчитать среднюю энергию электронов Ферми газа.

Задача 9.

Рассчитать обменный интеграл для железа.

Температура Кюри равна 1043К , атомная плотность $8,5 \times 10^{28}$ атомов в м^3 , каждый атом имеет 12 соседей, спин железа равен 1, $g=2$. значения магнетона Бора, постоянной Больцмана и магнитной проницаемости вакуума взять из таблиц.

Задача 10.

Начертить кривые гистерезиса ферромагнетика в координатах $M(H)$ и $B(H)$ для значений поля от нуля до поля насыщения.

Задача 11.

Оценит частоту плазменных колебаний в объеме алюминия, зная, что радиус сферы, содержащей один валентный электрон равен двум Боровским радиусам.

Образцы контрольных вопросов

1. дать определение функции Гамильтона
2. дать определение Ньютона, Кулона, Ампера, Вольта
3. выразить заряд в 1 Кулон через механические единицы
4. дать определение интенсивности излучения. Какова связь интенсивности и энергии излучения
5. показать, что в центральном поле сил момент количества движения не зависит от времени
6. рассчитать длину волны де Бройля для электрона в атоме водорода
7. найти период обращения электрона на первой боровской орбите и его угловую скорость
8. доказать принцип Паули для фермионов
9. записать электронную конфигурацию и термы для атомов по заданию преподавателя
10. рассчитать значения произведения для двух спинов $\frac{1}{2}$
11. вычислить волновой вектор Ферми в приближении газа свободных электронов
12. изобразить схему уровней p-орбиталей атома, находящегося в одноосном кристаллическом поле, создаваемом двумя положительными зарядами, находящимися на оси z.
13. нарисовать схему силовых линий кольцевого магнита
14. нарисовать петли гистерезиса жесткого, мягкого магнетика и суперпарамагнетика
15. отличия в законе дисперсии магнонов в ферромагнетике и антиферромагнетике

Задания к зачёту, 1 семестр

1. Тепловое излучение абсолютно черного тела. Ультрафиолетовая катастрофа
2. Формула Планка. Каноническая статистическая сумма.

3. Спонтанное и индуцированное излучение.
4. Физический базис лазерного эффекта.
5. Оптическая обратная связь.
6. Время жизни фотонов в резонаторе. Добротность резонатора.
7. Классификация лазеров по типу накачки.
8. Принцип работы гелий-неонового лазера.
9. Практические применения лазеров.
10. Боровская модель атома. Гиромагнитное отношение.
11. Пространственное квантование.
12. Спин электрона.
13. Фактор Ландэ.
14. Принцип запрета Паули.
15. Формы электронных орбиталей.
16. Правило Хунда.
17. Энергия магнитного дипольного взаимодействия.
18. Энергия обменного взаимодействия.

Экзаменационные вопросы, 1 семестр

1. Гипотеза Планка. Квантование энергии. Распределение Больцмана. Каноническая статистическая сумма. Среднее значение энергии системы. Числа заполнения. Плотность энергии излучения. Предельные случаи формулы Планка.
2. Поглощение и испускание фотонов веществом. Открытие стимулированного излучения. Физические основы лазерного эффекта. Уравнения Эйнштейна.
3. Накачка, инверсная заселенность, отрицательная температура системы. Когерентность излучения. Лазер как оптический осциллятор. Оптическая обратная связь. Моды оптических колебаний. Добротность резонатора. Время жизни фотона в резонаторе.
4. Типы лазеров. Твердотельные, газовые и полупроводниковые лазеры. Принцип работы полупроводниковых лазеров. Применения лазеров.
5. Механический и магнитный момент электрона на атомной орбите. Гиромагнитное отношение. Модель атома Н.Бора. Боровский радиус. Энергия ионизации атома водорода. Магнетон Бора.
6. Пространственное квантование. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Опыт Штерна-Герлаха. Фактор Ланде.
7. Строение атомов. Принцип запрета Паули. Квантовые числа. Принцип заполнения электронных оболочек.
8. Электронные орбитали. Форма орбиталей. Перекрывание орбиталей. Энергетический баланс орбиталей. Правило Хунда.
9. Энергия магнитного дипольного взаимодействия. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия. Обменный интеграл.
10. Классификация материалов по их магнитным свойствам. Классификация материалов по величине магнитной восприимчивости. Диамагнитные и парамагнитные материалы.
11. Классический вывод формулы Ланжевена для диамагнитной восприимчивости.
12. Квантовомеханический вывод формулы Ланжевена.
13. Статистика Ферми-Дирака. Эффект Зеемана. Ферми газ свободных электронов. Энергия Ферми, импульс Ферми.
14. Плотность электронных состояний. Внутренняя энергия электронов. Газ свободных электронов во внешнем магнитном поле. Вывод формулы для парамагнитной восприимчивости газа свободных электронов.
15. Квантование энергии частицы при движении в однородном магнитном поле.
16. Упрощенный вывод формулы для диамагнитной восприимчивости Ландау.

17. Вывод закона Кюри для двухуровневой системы. Температурная зависимость парамагнитной восприимчивости.
18. Вывод закона Кюри для произвольного значения полного момента количества движения.
19. Парамагнетизм Ван Флека.
20. Ферромагнетизм переходных металлов. Закон Кюри-Вейса. Обменное (среднее) поле Вейса.
21. Модель Гейзенберга. Обменный интеграл Гейзенберга. Вычисление постоянной среднего поля.
22. Спин-орбитальное взаимодействие. Замораживание орбитального момента.
23. Энергия магнитной анизотропии.
24. Причины возникновения доменов. Классификация доменных стенок. Стенка Блоха. Стенка Неля. Поворотная стенка.
25. Магнитный гистерезис. Петля гистерезиса. Коэрцитивная сила.
26. Магнитомягкие и магнито жесткие материалы и их практические применения.
27. Температурная зависимость намагниченности насыщения.
28. 4-f электронные оболочки. Взаимодействие локализованных электронов с электронами проводимости. РККИ-обменное взаимодействие.
29. Суперобмен. Правила Гудэнафа-Канамори.
30. Двойной обмен.
31. Спиновые волны в ферромагнетике. Закон дисперсии спиновых волн.
32. Спиновые волны в антиферромагнетике.
33. Квантование спиновых волн. Магноны. Плотность состояний магнонов.
34. Температурная зависимость намагниченности.
35. Теплоемкость магнонов.
36. Магнитные наночастицы. Виды наночастиц. Стабилизация наночастиц.
37. Суперпарамагнетизм. Время Неелевской релаксации.
38. Зависимость намагниченности суперпарамагнетика от внешнего поля. Отличия от ферромагнитных и парамагнитных материалов.
39. Физические принципы, лежащие в основе био-медицинских применений магнитных наночастиц.
40. Применения биосенсоров в биологии и медицине.
41. Магнитная фильтрация.
42. Гигантское магнитосопротивление в био-медицинских сенсорах.
43. Микро датчик Холла для детектирования магнитных наночастиц.
44. Диагностический магнитный резонанс.
45. Плазменная частота. Одночастичные и коллективные возбуждения.
46. Дебаевская длина экранирования. Поверхностные плазмоны.
47. Экситоны Френкеля в кристаллах изоляторов.
48. Экситоны Ваннье.
49. Энергия малого полярона.
50. Энергия полярона большого радиуса.
51. Константа связи между оптическими фононами и электронами.
52. Подвижность полярона малого радиуса.

Вопросы к зачёту, 2 семестр

1. Конденсация идеального Бозе-газа.
2. Свойства жидкого гелия-4.
3. Объяснение сверхтекучести по Ландау.
4. Энергетические зоны в пустой решетке и поверхность Ферми.
5. Метод сильной связи.
6. Метод плоских волн.

7. Метод ортогонализированных плоских волн.
8. Метод псевдопотенциала.
9. Метод присоединенных плоских волн.
10. Метод ячеек Вигнера-Зейтца.
11. Метод квантового дефекта.
12. Приближение Борна-Оппенгеймера.
13. Приближение Хартри.
14. Приближение Хартри-Фока.
15. Спиновые орбитали. Оператор Хартри-Фока.
16. Теория электропроводности в магнитном поле.
17. Эффект Холла.
18. Квантовый эффект Холла.
19. Уравнение состояния и тепловое расширение кристалла.
20. Параметр Грюнайзена.
21. Теплопроводность решетки.
22. Фононы и структурные фазовые переходы.
23. Переходы первого и второго родов.
24. Флуктуации и порядок.
25. Мягкие моды.
26. Собственный вектор и параметр порядка.

Пример экзаменационного билета

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московской области

Международный университет природы, общества и человека «Дубна»

Направление: 020900.62 Химия, физика и механика материалов, V курс (8,9 сем.).

Дисциплина: Квантовая физика твердого тела

Экзаменационный билет № 1

1. Гипотеза Планка. Квантование энергии. Распределение Больцмана. Каноническая статистическая сумма. Среднее значение энергии системы. Числа заполнения. Плотность энергии излучения. Предельные случаи формулы Планка
2. Причины возникновения доменов. Классификация доменных стенок. Стенка Блоха. Стенка Нееля. Поворотная стенка.
3. Вывести формулу для изменения скорости вращения электронов на атомной орбите при наложении внешнего магнитного поля

Зав. кафедрой «Нанотехнологии и новые материалы» _____ Осипов В.А.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. **Епифанов Г.И.** Физика твердого тела: Учебное пособие / Епифанов Г.И. - 4-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2011. - 288с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Прил.:с.275.-Лит.:с.282.-Предм.указ.:с.284. - ISBN 978-5-8114-1001-9.

7.2. Дополнительная литература

1. **Киттель Ч.** Квантовая теория твердых тел / Киттель Чарльз; Пер.с англ. А.А.Гусева. - М.: Наука, 1967. - 492с. - Лит.:с.485.-Общ.библиогр.:с.486.-Предм.указ.:с.488.
2. **Ашкрофт Н.** Физика твердого тела :[Электронный ресурс] : В 2 т. Т.1 / Ашкрофт Н., Мермин Н. - М.: Мир, 1979. - 400с.: ил. - Предм.указ.-Лит.:с.393. - <http://mirknig.com>.
3. **Ашкрофт Н.** Физика твердого тела :[Электронный ресурс] : В 2 т. Т.2 / Ашкрофт Н., Мермин Н. - М.: Мир, 1979. - 422с.: ил. - <http://mirknig.com>.
4. **Маделунг О.** Физика твердого тела: Локализованные состояния / Маделунг Отфрид; Пер.с нем.и англ. С.И.Захарова, Ю.Д.Фивейского; Под ред. В.М.Аграновича. - М.: Наука, 1985. - 184с. - Задачи:с.168.-Список лит.:с.176.
5. **Блейкмор Дж.** Физика твердого тела / Блейкмор Джон; Пер.с англ.под ред. Д.Г.Андрианова, В.И.Фистуля. - М.: Мир, 1988. - 608с. - Предм.указ.:с.599. - ISBN 5-03-001256-7
6. **Займан Дж.** Принципы теории твердого тела / Займан Дж.; Пер.со 2-го англ.изд.под ред. В.Л.Бонч-Бруевича. - М.: Мир, 1974. - 472с.: ил. - Лит.:с.455.-Предм.указ.:с.465.

7.3. Периодические издания

1. Успехи физических наук, периодический журнал РАН

7.4. Интернет – ресурсы

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki> - свободная энциклопедия.
2. <http://elibrary.ru/> - научная электронная библиотека.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Технические и электронные средства обучения:

- мел, доска
- проектор, компьютер

9. Матрица компетенций

Циклы, модули примерного учебного плана ПООП магистратуры	М.1 Общенаучный цикл					сумма компетенций
	М1.В Вариативная часть					
	Компетенции					
	Количество часов	ОК-1	ПК-6	ПК-7	ПК-8	
Темы, разделы дисциплины						
Возникновение квантовой механики. Введение.	4	*	*	*	*	4
Основы квантовой электроники	5	*	*	*	*	4
Лазеры и мазеры	6	*	*	*	*	4
Магнетизм атомов. Введение	7	*	*	*	*	4
Магнетизм атомов	5	*	*	*	*	4
Диамagnetизм	5	*	*	*	*	4
Парамагнетизм Паули	5	*	*	*	*	4
Диамagnetизм Ландау	2	*	*	*	*	4
Квантовая теория парамагнетизма	2	*	*	*	*	4
Ферромагнетизм	5	*	*	*	*	4
Магнитные домены	2	*	*	*	*	4
Непрямое обменное взаимодействие	2	*	*	*	*	4
Спиновые волны	4	*	*	*	*	4
Магнитные наночастицы	2	*	*	*	*	4
Магнитные биосенсоры	2	*	*	*	*	4
Плазмоны и экситоны	5	*	*	*	*	4
Поляроны и взаимодействие электронов с фононами	4	*	*	*	*	4
Квантовые жидкости	11	*	*	*	*	4
Теория энергетических зон электронов	10	*	*	*	*	4
Методы плоских волн	10	*	*	*	*	4
Методы ячеек	10	*	*	*	*	4
Уравнения Хартри-Фока	8	*	*	*	*	4
Электронные свойства при наличии магнитного поля	10	*	*	*	*	4
Ангармонические эффекты в кристаллах	10	*	*	*	*	4
Фазовые переходы	11	*	*	*	*	4