

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

ПРИНЯТО

Ученым советом ФИАН

Протокол № 3/17 от 3 . 04 2017 г.

Ученый секретарь

Колобов А.В.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИАН

Колачевский Н.Н.

« 3 » 04 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика конденсированного состояния»

(наименование дисциплины)

Направление подготовки:

03.06.01 - Физика и астрономия

(указывается код и наименование направления подготовки)

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Форма обучения: **очная**

Москва, 2017 г.

1. Цели и задачи дисциплины. Опираясь на полученные ранее знания по специальным курсам в магистратуре, программа дисциплины предполагает углубленное изучение, аспирантами физических явлений в различных конденсированных средах, включая диэлектрики, полупроводники, металлы, гетерогенные твердотельные структуры, плёнки и композитные материалы. Предполагается освоение фундаментальных закономерностей, связанных с динамикой кристаллических решёток, со свойствами электронных и экситонных возбуждений в твёрдых телах, с гальваническими явлениями в металлах и полупроводниках, с магнитными явлениями в твёрдых телах, с эффектом сверхпроводимости, с фазовыми переходами в конденсированных средах и др.

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина относится к **обязательным** дисциплинам программы аспирантуры.

Дисциплина изучается на 3 курсе.

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовности обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: программы магистратуры по физике.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «программы магистратуры по физике».

Актуальность курса обусловлена большой практической значимостью физических явлений в конденсированных средах и необходимостью создания различного рода устройств и приборов, основанных на использовании явлений в твёрдых телах, гетерогенных структурах и кристаллах. В курсе используются представления смежных областей физики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции (код и название компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1 (способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении	Знать: современные научные достижения в предметной области дисциплины; основные закономерности; основные экспериментальные и теоретические методы изучения дисциплины,

исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях)	Уметь: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области дисциплины.
<p>ПК-5 Способность проводить теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях</p>	<p>Знать: методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач физики конденсированного состояния</p> <p>Уметь: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития физики конденсированного состояния</p> <p>Владеть: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач физики конденсированного состояния</p>

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	зач. ед.	час.	в т.ч. по семестрам	
			№ 1	№ 2
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	72	72
Аудиторная работа:		72	36	36
<i>лекции (Л)</i>		40	20	20
<i>Практические занятия</i>		32	16	16
Самостоятельная работа:		58	29	29
Вид контроля: Зачет		14	7	7

4.2 Содержание дисциплины

Тематический план учебной дисциплины

Наименование	Содержание раздела
1. Периодические структуры	1) Трансляционная симметрия. Свойства обратной решетки. 2) Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Граничные условия Борна-Кармана, подсчет состояний. 3) Краткие сведения о теории групп. Правила отбора для переходов в идеальных периодических системах.
2. Основные типы твердых тел	1) Статистика Ферми для электронов. Типы твердых тел. 2) Картина связей, Металлы, диэлектрики, полупроводники. Типы полупроводников (элементарные п-ки, окислы, слоистые п-ки, органические п-ки и т.д.), полупроводниковые наноструктуры. 3) Приближение атомного остова, адиабатическое приближение, приближение среднего поля. 4) Край собственного поглощения. Излучение кристалла вблизи края собственного поглощения при высоких температурах. 5) Модель почти свободных электронов. Краткий обзор методов расчета зонной структуры.
3. Основы макроскопической электродинамики сплошных сред	1) Уравнения Максвелла в среде. Диэлектрическая функция. 2) Соотношения Крамерса-Кронига. Основы оптики металлов. 3) Примеры использования соотношений Крамерса-Кронига.
4. Микроскопическая теория диэлектрической функции.	1) Поведение газа электронов под действием нестационарного возмущения. 2) Обобщенная теорема о сумме сил осцилляторов. 3) Плазменные колебания. Экранирование статического поля. 4) Переход Мота. Динамическое экранирование.
5. Колебания решетки	1) Колебательные свойства атомов и электрон-фононное взаимодействие. 2) Гармоническое приближение. Дисперсия фононов в

	<p>полупроводниках.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) Эффекты, связанные с ангармонизмом. 4) Решеточное поглощение и отражение. Оптические свойства в области остаточных лучей. 5) Многофононное решеточное поглощение.
6. Микроскопическое описание поглощения и отражения света полупроводниками.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Комбинированная плотность состояний, сингулярности Ван Хоа. 2) Прямой, не прямой и «дипольно-запрещенный» края собственного поглощения. 3) Электронно-дырочная плазма в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах. 4) Полупроводниковый лазер.
7. Экситоны	<ol style="list-style-type: none"> 1) Экситоны Ванье и Френкеля. 2) Экситонные эффекты вблизи критических точек. 3) Спектры поглощения и излучения экситонов. 4) Экситоны в системах с пониженной размерностью. 5) Экситонные и эффекты в пределах больших плотностей. Переход Мота в системе экситонов. Электронно-дырочная плазма и электронно-дырочная жидкость. Бозе конденсат экситонов и экситонный диэлектрик. Влияние размерности системы.
8. Поляритонные эффекты.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Квантовый и классический подходы к описанию среды сильно взаимодействующей со светом. 2) Фононные поляритоны. Экситонные поляритоны. 3) Поляритоны в микрорезонаторах, «бозеры». 4) Применимость поляритонного базиса для описания неоднородных систем.
9. Основы физики дефектов.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Электронные свойства дефектов. 2) Приближение эффективной массы. Уровни донорных и акцепторных центров. 3) Простейшие оптические переходы с участием примесей. 4) Связанные экситоны. Эффект «гигантской» силы осциллятора. 5) Локализованные фононы
10. Проводящие свойства твердых тел	<ol style="list-style-type: none"> 1) Двух- и четырехточечные схемы измерения проводимости 2) Эффект холла. Холловская концентрация. Холловская подвижность. 3) Модель двухжидкостной системы. Зависимость проводящих свойств от размерности системы
11. Квантовые явления в проводящих свойствах твердых тел	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ферми поверхность. Способ исследования ферми поверхности по квантовым осцилляциям. 2) Переход-металл-изолятор 3) Квантовая интерференция и эффект Ааронова-Бома.
12. Применение модуляционной спектроскопии и спектроскопии рассеяния света для исследования твердых тел	<ol style="list-style-type: none"> 1) Частотно-модулированное отражение и термоотражение. Пьезоотражение. 2) Электроотражение (эффект Франца-Келдыша). Фотоотражение. Спектроскопия разностного отражения. 3) Макроскопическая теория неупругого рассеяния света фононами. Рамановский тензор и правила отбора. 4) Диаграммы Фейнмана. Резонансное рассеяние. 5) Экспериментальное измерение рамановского и

	бриллюэновского рассеяния.
13. Квантоворазмерные эффекты для электронов и фононов в полупроводниковых наноструктурах.	1) Квантовые ямы, квантовые точки и сверхрешетки. 2) Квантование энергетических уровней электронов и дырок. Граничные условия Бастарда. 3) Фононы в сверхрешетках. Явления, связанные с интерфейсом.
14. Основы теории сверхпроводимости	1) Феноменология сверхпроводимости 2) Теория Гинзбурга-Ландау 4) Критическое магнитное поле 5) Эффект Мейснера, квантование магнитного потока. 6) Микроскопическая теория сверхпроводимости. БКШ.
15. Сверхпроводниковая электроника	1) Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. 2) Вольтамперная характеристика джозефсоновского перехода 3) Быстрая одноквантовая логика 4) Сверхпроводниковые Кубиты

4.3. Практические занятия (ПР)

Наименование	Содержание раздела
1. Периодические структуры	1) Трансляционная симметрия. Свойства обратной решетки. 2) Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Граничные условия Борна-Кармана, подсчет состояний. 3) Краткие сведения о теории групп. Правила отбора для переходов в идеальных периодических системах.
2. Основные типы твердых тел	1) Статистика Ферми для электронов. Типы твердых тел. 2) Картина связей, Металлы, диэлектрики, полупроводники. Типы полупроводников (элементарные п-ки, окислы, слоистые п-ки, органические п-ки и т.д.), полупроводниковые наноструктуры. 3) Приближение атомного остова, адиабатическое приближение, приближение среднего поля. 4) Край собственного поглощения. Излучение кристалла вблизи края собственного поглощения при высоких температурах. 5) Модель почти свободных электронов. Краткий обзор методов расчета зонной структуры.
3. Основы макроскопической электродинамики сплошных сред	1) Уравнения Максвелла в среде. Диэлектрическая функция. 2) Соотношения Крамерса-Кронига. Основы оптики металлов. 3) Примеры использования соотношений Крамерса-Кронига.
4. Микроскопическая теория диэлектрической функции.	5) Поведение газа электронов под действием нестационарного возмущения. 6) Обобщенная теорема о сумме сил осцилляторов. 7) Плазменные колебания. Экранирование статического поля. 8) Переход Мота. Динамическое экранирование.
5. Колебания решетки	1) Колебательные свойства атомов и электрон-фононное взаимодействие. 2) Гармоническое приближение. Дисперсия фононов в полупроводниках. 3) Эффекты, связанные с ангармонизмом.

	<p>4) Решеточное поглощение и отражение. Оптические свойства в области остаточных лучей.</p> <p>5) Многофононное решеточное поглощение.</p>
6. Микроскопическое описание поглощения и отражения света полупроводниками.	<p>1) Комбинированная плотность состояний, сингулярности Ван Хоа.</p> <p>2) Прямой, не прямой и «дипольно-запрещенный» края собственного поглощения.</p> <p>3) Электронно-дырочная плазма в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах.</p> <p>4) Полупроводниковый лазер.</p>
7. Экситоны	<p>1) Экситоны Ванье и Френкеля.</p> <p>2) Экситонные эффекты вблизи критических точек.</p> <p>3) Спектры поглощения и излучения экситонов.</p> <p>4) Экситоны в системах с пониженной размерностью.</p> <p>5) Экситонные и эффекты в пределах больших плотностей. Переход Мота в системе экситонов. Электронно-дырочная плазма и электронно-дырочная жидкость. Бозе конденсат экситонов и экситонный диэлектрик. Влияние размерности системы.</p>
8. Поляритонные эффекты.	<p>1) Квантовый и классический подходы к описанию среды сильно взаимодействующей со светом.</p> <p>2) Фононные поляритоны. Экситонные поляритоны.</p> <p>3) Поляритоны в микрорезонаторах, «бозеры».</p> <p>4) Применимость поляритонного базиса для описания неоднородных систем.</p>
9. Основы физики дефектов.	<p>1) Электронные свойства дефектов.</p> <p>2) Приближение эффективной массы. Уровни донорных и акцепторных центров.</p> <p>3) Простейшие оптические переходы с участием примесей.</p> <p>4) Связанные экситоны. Эффект «гигантской» силы осциллятора.</p> <p>5) Локализованные фононы</p>
10. Проводящие свойства твердых тел	<p>1) Двух- и четырехточечные схемы измерения проводимости</p> <p>2) Эффект холла. Холловская концентрация. Холловская подвижность.</p> <p>3) Модель двухжидкостной системы. Зависимость проводящих свойств от размерности системы</p>
11. Квантовые явления в проводящих свойствах твердых тел	<p>1) Ферми поверхность. Способ исследования ферми поверхности по квантовым осцилляциям.</p> <p>2) Переход-металл-изолятор</p> <p>3) Квантовая интерференция и эффект Ааронова-Бома.</p>
12. Применение модуляционной спектроскопии и спектроскопии рассеяния света для исследования твердых тел	<p>1) Частотно-модулированное отражение и термоотражение. Пьезоотражение.</p> <p>2) Электроотражение (эффект Франца-Келдыша). Фотоотражение. Спектроскопия разностного отражения.</p> <p>3) Макроскопическая теория неупругого рассеяния света фононами. Рамановский тензор и правила отбора.</p> <p>4) Диаграммы Фейнмана. Резонансное рассеяние.</p> <p>5) Экспериментальное измерения рамановского и бриллюэновского рассеяния.</p>
13.	<p>1) Квантовые ямы, квантовые точки и сверхрешетки.</p>

Квантоворазмерные эффекты для электронов и фононов в полупроводниковых наноструктурах.	2) Квантование энергетических уровней электронов и дырок. Граничные условия Бастарда. 3) Фононы в сверхрешетках. Явления, связанные с интерфейсом.
14. Основы теории сверхпроводимости	1) Феноменология сверхпроводимости 2) Теория Гинзбурга-Ландау 4) Критическое магнитное поле 5) Эффект Мейснера, квантование магнитного потока. 6) Микроскопическая теория сверхпроводимости. БКШ.
15. Сверхпроводниковая электроника	1) Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. 2) Вольтамперная характеристика джозефсоновского перехода 3) Быстрая одноквантовая логика 4) Сверхпроводниковые Кубиты

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

- 1) подготовка к лекциям с использованием материалов приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников;
- 2) перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации – в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Физика конденсированного состояния», с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы. Карты компетенций приведены в ООП.

6.2.1. Показатели и критерии оценивания компетенций, используемые шкалы оценивания

Элементы компетенций (знания, умения, владения)	Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Знать (УК-1)	Знание: современные научные достижения в предметной области	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего	Шкала 1

	дисциплины; основные закономерности; основные экспериментальные и теоретические методы изучения дисциплины,		задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	
Уметь (УК-1)	Умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыш и реализации этих вариантов	Правильность выполнения учебных заданий, аргументиро- ванность выводов	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	Шкала 2
Знать (ПК-5)	Знание методики анализа современных физико- технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач физики конденсированного состояния.	Правильность и полнота от- ветов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	Шкала 1
Уметь (ПК-5)	Умение критически анализировать современные физико- технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития физики конденсированного состояния.	Правильность выполнения учебных заданий, аргументиро- ванность выводов	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	Шкала 2

6.2.2. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр.	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине – зачет.

Шкала оценивания			
Не удовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
«Не зачтено»	«Зачтено»		

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений) компетенций УК-1, ПК-5 в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины:

Примеры вопросов для самостоятельной работы:

1. Трансляционная симметрия. Свойства обратной решетки.
2. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна.
3. Правила отбора для переходов в идеальных периодических системах.
4. Статистика Ферми для электронов. Типы твердых тел.
5. Приближение атомного остова, адиабатическое приближение, приближение среднего поля. Модель почти свободных электронов. Краткий обзор методов расчета зонной структуры.
6. Край собственного поглощения. Излучение кристалла вблизи края собственного поглощения при высоких температурах.
7. Уравнения Максвелла в среде. Диэлектрическая функция.
8. Соотношения Крамерса-Кронига.
9. Плазменные колебания в системах различной размерности. Поверхностный плазмаон-поляритон. Локализованный плазмон.
10. Гармоническое приближение. Дисперсия фононов в полупроводниках.
11. Решеточное поглощение и отражение. Оптические свойства твердых тел в области остаточных лучей.
12. Комбинированная плотность состояний, сингулярности Ван Хова.
13. Прямой, не прямой и «дипольно-запрещенный» края собственного поглощения.

14. Электронно-дырочная плазма в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах. Полупроводниковый лазер.
15. Экситоны Ванье и Френкеля.
16. Экситонные эффекты вблизи критических точек. Спектры поглощения и излучения экситонов.
17. Квантовый и классический подходы к описанию среды сильно взаимодействующей со светом. Фононные поляритоны. Экситонные поляритоны.
18. Приближение эффективной массы. Уровни донорных и акцепторных центров в полупроводниках.
19. Эффект Холла. Холловская концентрация. Холловская подвижность.
20. Ферми поверхность. Способ исследования ферми поверхности по квантовым осцилляциям.
21. Переход-металл-изолятор в системах различной размерности
22. Эффект Ааронова-Бома.
23. Макроскопическая теория неупругого рассеяния света фононами. Рамановский тензор и правила отбора.
24. Электроотражение (эффект Франца-Келдыша). Спектроскопия разностного отражения.
25. Полупроводниковые квантовые ямы, квантовые точки и сверхрешетки.
26. Квантование энергетических уровней электронов и дырок. Граничные условия Бастарда.
27. Фононы в сверхрешетках. Явления, связанные с интерфейсом.
28. Феноменология сверхпроводимости. Теория Гинзбурга-Ландау
29. Критическое магнитное поле в сверхпроводниках
30. Эффект Мейснера, квантование магнитного потока.
31. Микроскопическая теория сверхпроводимости. БКШ.
32. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона.

33. Быстрая одноквантовая логика. Сверхпроводниковые Кубиты

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры и средства оценивания элементов компетенций по дисциплине

Процедура проведения	Средство оценивания			
	Текущий контроль			Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение домашних заданий	Зачет
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Письменные задания	Письменное задание
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Лекционный материал	Лекционный материал Справочная литература	Лекционный материал Справочная литература	Лекционный материал Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» предусматривает лекции, практические занятия и самостоятельные занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, работы на практических занятиях и самостоятельной работы, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо:

перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо: до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения.

8. Ресурсное обеспечение:

8.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Питер Ю, Мануэль Кардона. Основы физики полупроводников. Под редакцией Б.П. Захарчени. Москва, Физматлит (2002)
2. Гантмахер В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 288 с
3. Джон Займан. Принципы теории твердого тела. Москва, Мир (1974)
4. Давыдов. А.С. Теория твердого тела. Москва, Наука (1976)
5. Hui Deng, Hartmut Haug, and Yoshihisa Yamamoto. Exciton-polariton Bose-Einstein condensation. Rev. Mod. Phys. 82, 1489 (2010)
6. В.М. Агранович, Ю.Н. Гартштейн. Пространственная дисперсия и отрицательное преломление света. 176, 1051 (2006)
7. Экситоны. Под редакцией Э.И. Рашба, М.Д. Стердж. Москва, Наука (1985)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела (в двух томах) т.1. М.: Мир, 1979. — 458 с., т.2. М.: Мир, 1979. — 486 с.

2. Абрикосов А.А. Основы теории металлов: Учеб. руководство. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 520 с.
3. Зеегер К. Физика полупроводников М.: Мир, 1977. 615 с.
4. Мотт Н. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.Мир, 1982, т. 1, 368 с.
5. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки, пер. с англ., М. Мир, 1989 г.
6. Харрисон У. Теория твердого тела . М. Мир, 1972. 616 с.
7. Харрис П. Углеродные нанотрубки и родственные структуры М. Техносфера, 2003. - 336 с.
8. Л.М. Бреховских. Волны в слоистых средах. Изд. АН СССР, 1957 г.
9. Д. Займан. Электроны и фононы. ИЛ. 1962 г.
10. Ч. Киттель. Квантовая теория твёрдых тел. «Наука», 1967 г.
11. Д. Блейкмор. Физика твёрдого тела..Изд. «Мир», Москва, 1985 г.
12. "Квантовая электроника". Маленькая энциклопедия, М., 1969 г.
13. Г.М. Страховский, А.В.Успенский "Основы квантовой электроники", Изд-во Высшей школы, М., 1973 г.
14. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
15. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела, тт. I и II. М., Мир, 1979.
16. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М., Мир, 1969.
17. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М: Мир, 1974.
18. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
19. Вонсовский С.В. Магнетизм. М., Наука, 1971.
20. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979 г.
21. В.В.Шмидт «Введение в физику сверхпроводимости». МЦ НМО, Москва, 2000.
22. Кулик И. О., Янсон И. К. Эффект Джозефсона в сверхпроводящих туннельных структурах, Москва Физматлит, 1970 г.
23. Е. Н. Бормонтов. Квантовый эффект Холла. СОЖ 9, 81,1999 г.
24. А. Ярив, П. Юх. Оптические волны в кристаллах. М. «Мир», 1987 г.
25. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. М.: Мир, 1981.
26. С.А. Родионов Основы оптики (2000).
27. M.Csele. Fundamental of Light Sources and Lasers (2004)
28. D.Greene Light and Dark (2003)
29. Воробьев и др. Оптические свойства наноструктур (2001)
30. Mark Fox Optical Properties of Solid (2001)
31. Н.Б. Делоне Взаимодействие лазерного излучения с веществом (1989)
32. Колмаков Ю. Н., Кажарская С.Е. Учебное пособие по курсу “Оптика” (2000)
33. D. A. Burns, E. W. Ciurczak Handbook of Near-Infrared Analysis (2001)
34. Robert W. Boyd Nonlinear Optics 2nd ed (2003)
35. D. Courjon. Near-Field Microscopy and Near-Field Optics (2001)

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. www.sciencedirect.com – ведущая информационная платформа издательства Elsevier для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов;
2. www.elibrary.ru – проект Научная электронная библиотека.
3. <http://scholar.google.com> – поиск с использованием Google Scholar.
4. SCOPUS (www.scopus.com)

4. <https://webofknowledge.com> - Web of Science на платформе Web of Knowledge.
5. Доступ к полным текстам патентов:
<http://ep.espacenet.com> – Европейское патентное ведомство;
<http://www.uspto.gov/main/sitesearch.htm> – Американское патентное ведомство;
www.fips.ru – Российская библиографическая патентная база данных.
6. Полный список ресурсов приведен в ООП.

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
– Программные средства Microsoft Office.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- 1) Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным презентационным оборудованием;
- 2) Библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

10. Образовательные технологии.

Обучение по дисциплине ведется с применением как традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах, представление докладов на научные конференции, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Разработчик:

к.ф.-м.н.

Кривобок В. С.