



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Элементы зонной теории, оптические свойства наноструктур
и квантово-размерных частиц**

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем
физического факультета

Образовательная программа магистратуры
03.04.02 – Физика

Направленность (профиль) программы:
Физика наносистем

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
вариативная

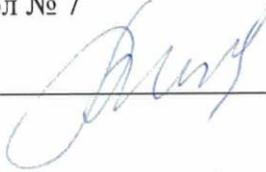
Махачкала, 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Элементы зонной теории, оптические свойства наноструктур и квантово-размерных частиц» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» от «07» августа 2020 г. № 914.

Разработчик: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,
Хамидов М.М., д.ф.-м.н., профессор. каф ФКСиН 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры
от 19. 03. 2022г. протокол № 7

Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании Методической комиссии физического факультета
от 23. 03.2022г. протокол № 7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«_31_»_03_2022 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Элементы зонной теории, оптические свойства наноструктуры квантово-размерных частиц» входит в профессиональную часть образовательной программы *магистратуры* по направлению **03.04.02. -Физика**.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем. Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами зонной теории и оптики твердых тел, проявляющих свойства полупроводников, диэлектриков и металлов. Рассмотрены основные модели и экспериментальные сведения по светоизлучающим и фотоэлектрическим свойствам объемных фаз полупроводников и полупроводниковых систем пониженной размерности, таких как поверхности, границы раздела, пористые материалы. Излагаются данные по влиянию различных воздействий, таких как нагрев, деформация, а также электрических и магнитных полей, на оптические свойства твердых тел. Рассмотрены закономерности рассеяния света в твердых телах и пористых наноматериалах.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных – УК-6; общепрофессиональных ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4; профессиональных– ПК-3, ПК-5, ПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и итоговый контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины **144** часа, **4** зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семе стр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен	
	в том числе								
	Контактная работа обучающихся с преподавателем								экзамен
	Всего	из них							
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
3	144	12		24			108	экзамен	

1. Цели освоения дисциплины Спецкурс «Элементы зонной теории, оптические свойства наноструктур и квантово-размерных частиц» вводится для магистров, специализирующихся по образовательной магистерской программе «Физика наносистем». Целью дисциплины является изучение физических основ ряда оптических и фотоэлектрических явлений на основе раскрытия зонной модели твердых тел и структуры реальных кристаллов, в том числе наноструктур. К завершению спецкурса магистр должен обладать знаниями механизма поглощения света; четко различать виды поглощения; знать связь между поглощением, люминесценцией и фотопроводимостью; уметь экспериментально исследовать спектральную зависимость поглощения, излучения и фотопроводимости; на основе анализа полученных результатов уметь сделать соответствующие физические выводы.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Элементы зонной теории, оптические свойства наноструктур и квантово-размерных частиц» входит в блок Б1.В.01.03 образовательной программы магистратуры по направлению **03.04.02– Физика**, профиль подготовки: «**Физика наносистем**». Она относится к дисциплинам по выбору части профессионального цикла ОПОП. Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные способностью использовать теоретические знания в области физики твердого тела, полупроводников, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере физики наноразмерных структур.

Магистры, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о зонной структуре твердых тел и систем с пониженной размерностью, законах поглощения, излучения, в различных конденсированных средах. Должны знать особенности законов сохранения энергии, импульса и момента количества движения, Должны иметь знания о методах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения основ физики низкоразмерных структур, спектроскопии, основ физики приборов на базе кластерных образований и наночастиц, физических основ их технологий.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-6. Способен определять и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания. УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям. УК.-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования	<u>Знает:</u> основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда; <u>Умеет:</u> - расставлять приоритеты профессиональной деятельности, и совершенствоваться на основе самооценки; - планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; – подвергать критическому анализу проделанную работу; – находить и творчески использовать имеющийся	Устный опрос,

	<p>возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>опыт в соответствии с задачами саморазвития.</p> <p><u>Владеет:</u></p> <p>навыками выявления стимулов для саморазвития;</p> <p>– навыками определения реалистических целей профессионального роста.</p>	
<p>ОПК-1</p> <p>Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления педагогической деятельности</p>	<p>ОПК-1.1.</p> <p>Владеет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники; - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность 	<p>Устный опрос,</p>

		<p>проблем.</p> <ul style="list-style-type: none"> - основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности. 	
	<p>ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач. - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности. 	<p>Устный опрос,</p>
	<p>ОПК-1.3. Применяет специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности; - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальными технологиями и методами для реализации 	<p>Устный опрос,</p>

		преподавательской деятельности.	
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>Знает: - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p> <p>Умеет: - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p> <p>Владеет: - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.</p>	Устный опрос,
	<p>ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает: - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач.</p> <p>Умеет: - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет: -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения</p>	Устный опрос,

		исследований и решения профессиональных задач.	
	<p>ОПК-3.3. Разрабатывает эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования</p>	<p>Знает: - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач; - эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования.</p> <p>Умеет: - разрабатывать эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования.</p> <p>Владет: - навыками разрабатывать специализированные программные средства и методы математического моделирования для проведения исследований и решения инженерных задач.</p>	Устный опрос,
<p>ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.</p>	<p>Знает: - о необходимости прогнозирования результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности;</p> <p>Умеет: - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов этих исследований.</p> <p>Владет: - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции.</p>	Устный опрос,

	ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - варианты необходимых результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбором возможных вариантов внедрения 	
	ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - области, где могут быть использованы результаты научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять способы внедрения результатов научных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности. 	
ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области	ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> содержание учебно-проектной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> Способностями и знаниями в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся 	Устный опрос,
	ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> Демонстрирует знания и способности организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области. <p>Умеет: совместно формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности;</p> <p>Владеет:</p>	

		<p>Навыками организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектной деятельность обучающихся.</p>	
	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p>	<p>Знает: Как разрабатываются план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p> <p>Умеет: Разрабатывать план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p> <p>Владеет: Способами планирования и осуществления руководства действиями в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.</p>	
<p>ПК-5. Способен самостоятельно о проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.</p>	<p>ПК-5.1. Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p>	<p>Знает: Методы исследований и обработки и анализа результатов испытаний и измерений, а так же критерии выбора методов и методик исследований свойства исследуемых объектов</p> <p>Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; обобщать результаты патентного поиска; формировать предложения по внедрению результатов; участвовать в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня.</p> <p>Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; методом обобщения результаты выполняемых работ; выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	<p>Устный опрос,</p>
	<p>ПК-5.2. Создает</p>	<p>Знает:</p>	

	теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.	Теоретические модели, позволяющие прогнозировать и как разрабатывать предложения по внедрению результатов. Умеет: Прогнозировать свойства исследуемых объектов и разрабатывать предложения по внедрению результатов. Владеет: Способностями разрабатывать предложения по внедрению результатов апробации теоретических моделей.	
	ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.	Знает: Свойства исследуемых объектов в целях формирования теоретических моделей как осуществлять сбор научной информации, представлять обзоры, аннотации, составлять рефераты. Умеет: Осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии. Владеет: способностями осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии	
	ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.	Знает: Процедуры защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований. Умеет: Дискутировать по соответствующему предмету и участвует в научных семинарах Владеет: Способностями выступать с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований	
ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование	ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.	Знает: Как проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; Умеет: Проводить, обработку и анализ результатов испытаний и	Устный опрос,

для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.		измерений. Владеет: Навыками проведения физических исследований с помощью современного оборудования
	ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.	Знает: Теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния. Умеет: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Владеет: Навыками проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать
	ПК-6.3. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов	Знает: Критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов Умеет: Проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов а так же правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости и промежуточно й аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	... Самостоятельн ая работа в т.ч.	
Модуль 1.							
1	Основы зонной теории твёрдого тела. Классификация твёрдых тел по зонной теории	3	2	4		12	семинарское занятие
2	Поглощение света в полупроводниках. Механизмы поглощения		2	4		12	семинарское занятие
	<i>Итого по модулю 1; 36</i>		4	8		24	
Модуль 2.							
1	Фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны.	3	2	4		12	семинарское занятие
2	Влияние размеров тел на их оптические свойства		2	4		12	семинарское занятие
	<i>Итого по модулю 2: 36 часов</i>		4	8		24	
Модуль 3.							
1	Динамика экситонов в ансамблях полупроводниковых нанокристаллов. Нелинейные оптические явления в твёрдотельных системах.	3	2	4		10	семинарское занятие
2	Оптические свойства и применения полупроводниковых наноструктур		2	4		14	коллоквиум
	<i>Итого по модулю 3: 36 часов</i>		4	8		24	
Модуль 4.							
	Итоговый контроль знаний.	2	Подготовка к экзамену			36	экзамен
	Итого за дисциплину: 144 часа		12	24		108	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Тема 1. Основы зонной теории твёрдого тела. Уравнение Шредингера. Приближенное решение уравнения Шредингера. Классификация твёрдых тел по зонной теории. Проводники, диэлектрики, полупроводники.

Тема 2. Поглощение света в полупроводниках. Уравнение Бугера-Ламберта. Коэффициент поглощения. Спектры. Механизмы поглощения.

Модуль 2

Тема 1. Фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны. Основы теории фотонных кристаллов

Тема 2. Влияние размеров тел на их оптические свойства

Модуль 3.

Тема 1. Динамика экситонов в ансамблях полупроводниковых нанокристаллов. Нелинейные оптические явления в твердотельных системах

Тема 2. Оптические свойства и применения полупроводниковых наноструктур

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы зонной теории твердых тел

Тема 1. Уравнение Шредингера и его приближенные решения.

Тема 2. Зонные модели твердых тел и поглощение. Уравнение Ламберта-Богуславского

Тема 3. Механизмы поглощения. Особенности экситонного и двухфотонного поглощений

Модуль 2. Фотонные кристаллы низкоразмерные структуры

Тема 1. Зонная теория фотонных кристаллов

Тема 2. Влияние размеров тел на спектры поглощения

Тема 3. Оптика твердотельных нанокристаллов

Модуль 3. Полупроводниковые наноструктуры

Тема 1. Динамика экситонов в ансамблях полупроводниковых нанокристаллов. Нелинейные оптические явления в твердотельных системах.

Тема 2. Оптические свойства и применения полупроводниковых наноструктур.

Тема 3. Методы получения и исследования наноматериалов. Атомно-силовая спектроскопия, оптические методы исследования наноструктур.

Модуль 4. Подготовка к экзамену.

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены лекции в сочетании с научными экспериментами на установках кафедры.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 30 часов аудиторных занятий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Примерные темы для самостоятельной работы.

1. Методы получения наноразмерных структур

2. Зонные структуры наноструктур.
3. Особенности рассеяние света в низкоразмерных структурах и композитах.
4. Экситоны и их комплексы
5. Экспериментальные методы исследования наноструктур.

Примерный перечень вопросов к зачету по изучаемому курсу

1. Как классифицируются твердые тела по зонной теории.
2. Как связаны комплексный показатель преломления и диэлектрическая проницаемость?
3. Что такое угол Брюстера, и какова его зависимость от диэлектрической проницаемости вещества?
4. В чем состоят различия электронных спектров металлов, полупроводников и диэлектриков?
5. В чем состоят различия механизмов ориентационной, ионной и электронной поляризуемости?
6. В чем состоит различие между дипольно-разрешенными и запрещенными оптическими переходами?
7. Нужен ли учет виртуальных состояний при рассмотрении поглощения света при непрямых переходах?
8. Где сильнее выражена температурная зависимость коэффициента поглощения для прямых или для непрямых оптических переходов?
9. Как влияют примеси на поглощение света в полупроводниках?
10. При каких условиях происходит переход от свободного электронного газа к электронно-дырочной жидкости?
11. Что такое электронно-дырочные капли?
12. Чем отличается тепловое излучение от люминесценции?
13. Чем различаются спектры люминесценции свободных экситонов, электронно-дырочной жидкости и электронно-дырочных капель?
14. В чем состоит электростатическое приближение?
15. Что такое фотонная запрещенная зона?
16. Как можно использовать фотонный кристалл в микрорезонаторе?
17. В чем состоит эффект замедления света в фотонных кристаллах?
18. Что такое квантовый размерный эффект?
19. В чем заключается приближение эффективной массы?
20. Что такое квантовая яма, квантовая нить и квантовая точка?
21. Где больше величина энергии обменного взаимодействия для экситонов в нанокристаллах или в объемных полупроводниках?
22. От чего зависит величина стоковского сдвига в полупроводниковом нанокристалле?
23. При какой пористости возможен квантовый размерный эффект в пористом кремнии?
24. Что описывает нелинейная поляризуемость среды?
25. Чем рамановский лазер отличается от обычного лазера (мазера)?
26. Каковы основные механизмы усиления оптических нелинейностей в твердотельных нанокомпозитах?
27. Как можно использовать фотонные кристаллы для оптического переключения?
28. Как зависит эффективность генерации оптической гармоника в нанокомпозитах от размеров наночастиц.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
Текущая СРС			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	<i>18</i>		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	<i>16</i>		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	<i>22</i>		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	<i>6</i>		
подготовка к экзамену	<i>36</i>		
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	<i>10</i>		
Итого СРС:	<i>108 часов</i>		

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

1. Текущий и промежуточный контроль качества усвоения материала

Проверка качества усвоения знаний осуществляется в течении всего семестра, как в устной (отчеты по индивидуальным заданиям, работа на практических и семинарских занятиях, коллоквиумы по теории, проверка подготовленности к выполнению лабораторных работ, беседы по итогам их выполнения и т.д.), так и в письменной форме (групповая контрольная работа, тестирование).

Примерные тесты для текущего и промежуточного контроля

1. Поглощение. Уравнение Бугера-Ламберта.

Поглощение электромагнитных волн определяется следующим уравнением

$$1) J = J_0 e^{kx} \quad 2) J = J_0 e^{-kx} \quad 3) J = J_0 kx$$

$$4) J = -J_0 kx, \text{ где } k \text{ – коэффициент поглощения.}$$

2. Собственное поглощение:

1. В результате собственного поглощения электрон из валентной зоны переходит в зону проводимости только с сохранением волнового вектора.
2. В результате собственного поглощения электроны из валентной зоны переходят на примерный уровень.
3. Собственное поглощение осуществляется только для собственных полупроводников.
4. Собственное поглощение приводит к переходу электронов на более высокий энергетический уровень в валентной зоне.
5. Собственное поглощение приводит к переходу электронов на более высокий энергетический уровень в зоне проводимости.

3. Экситонное поглощение

1. При экситонном поглощении в зоне проводимости возникают электроны из акцепторных уровней.
2. При экситонном поглощении в зоне проводимости возникают электроны из донорных уровней.
3. При экситонном поглощении в зоне проводимости возникают электроны из валентной зоны.
4. При экситонном поглощении не возникают свободные электроны и дырки.
5. Экситонное поглощение и поглощение свободными носителями одно и то же.

4. Поглощение света свободными носителями заряда

1. Это поглощение света вследствие передачи энергии (и импульса) от фотонов к электронам, приводящее к ионизации соответствующих примесных центров.
2. При этом свободные электроны переходят на более высокие уровни в зоне проводимости и кристалл охлаждается.
3. При этом свободные электроны переходят на более высокие уровни в зоне проводимости и кристалл разогревается.
4. При этом поглощении возникает примесная фотопроводимость.

5. Поглощение света кристаллической решеткой:

1. Поглощение света кристаллической решеткой происходит в результате взаимодействия электромагнитного поля световой волны с движущимися зарядами узлов решетки.
2. Это поглощение наблюдается в том случае, когда энергия поглощаемого фотона затрачивается на переброс электрона из дна валентной зоны на дно зоны проводимости.
3. Когда в результате этого поглощения появляются носители заряда одного типа.
4. При этом поглощении спектр поглощения лежит в коротковолновой области.

6. Фотопроводимость

1. При собственной фотопроводимости и концентрации неравновесных носителей возрастают следующим образом: $\Delta n = \Delta p = \beta k J t$, где β - квантовый выход, k - коэффициент поглощения, J - интенсивность света, t - время освещения.
2. $\Delta n = \beta k J \tau_n$, где τ_n - время жизни электронов.
3. или $\Delta n = e \mu_n \beta k J \tau_n$, где τ_n и μ_n - время жизни и подвижность электронов в полупроводнике.

4. $\Delta n = N_c e^{\frac{F}{kT}}$, F - уровень Ферми, N_c - эффективная плотность электронов в зоне проводимости.

7. Время жизни неравновесных носителей определяется так:

1. $\tau_n = \frac{1}{q_n v_n p}$, где q_n, v_n, p - соответственно сечение захвата, относительная

скорость движения электрона и дырок, концентрация дырок.

2. $\tau_n = q_n v_n p$; 3. $\tau_n = e^{q_n v_n p}$; 4. $\tau_n = \frac{P}{q_n v_n}$

8. Релаксация фотопроводимости определяется:

1. Временем жизни носителей τ (τ_n и τ_p);
2. Наличием ловушек (малой и высокой концентрации)
3. Шириной зоны проводимости
4. Энергией ионизации.

9. На монополярную фотопроводимость влияют:

1. α -центры прилипания
 2. Демакационные центры прилипания
 3. Только β -центры прилипания
 4. Центры рекомбинации.
10. Какую роль играет постоянная подсветка на релаксацию фотопроводимости при наличии α -прилипания:
1. Увеличение постоянной подсветки приводит к увеличению роли α прилипания, т.е. к уменьшению β и τ ;
 2. Увеличение постоянной подсветки приводит к уменьшению α , что увеличивает β и τ ;
 3. Не оказывает никакого влияния
 4. Увеличение подсветки приводит к приближению наклона второго участка к первому.
11. Каковы особенности при монополярной фотопроводимости:
1. Монополярная фотопроводимость бывает только электронной;
 2. Монополярная фотопроводимость бывает только дырочной;
 3. Монополярная фотопроводимость бывает только примесной;
 4. Монополярная фотопроводимость бывает и электронной и дырочной одновременно.
12. При излучательной рекомбинации свободных электронов и дырок:
1. $\tau_n = \tau_p$
 - 2) $\tau_n > \tau_p$
 - 3) $\tau_n < \tau_p$
 - 4) $\tau_n \gg \tau_p$
13. Критерий монополярности примесной фотопроводимости. Условием монополярности является:
1. $\frac{\Delta n}{\Delta p} \gg 1$ $\Leftrightarrow \frac{\Delta p}{\Delta n} \gg 1$
 - 2) $\frac{\Delta n}{\Delta n} = 1$
 2. $\Delta n + \Delta m = \Delta p$
 - 4) $\frac{m_0^2}{\mu P_{g, \mu}} \gg 1$
14. Индуцированная примесная фотопроводимость
1. обусловлена только наличием уровней прилипания
 2. перебросом электронов из валентной зоны в зону проводимости светом, а последующим их захватом примесными уровнями
 3. захватом электронов из зоны проводимости
 4. уменьшением рекомбинации электронов и дырок.
15. Длина экранирования Дебая (дебаевский радиус экранирования) $\ell_D = \sqrt{\frac{\epsilon k T}{8 \pi e^2 n_0}}$
- указывает на эффективную длину, при которой:
1. концентрация неравновесных носителей возрастает пропорционально этой длине;
 2. Спадает обратно пропорционально ей
 3. Спадает экспоненциально по мере удаления границы света
 4. Растет квадратично по мере возрастания эффективной длины.
16. ЭДС Дембера возникает в результате:
1. Однородного возбуждения однородного полупроводника;
 2. Неоднородного возбуждения однородного полупроводника;
 3. Однородного возбуждения однородно легированного полупроводника
 4. Однородного собственного возбуждения полупроводника.
17. Фотомагнитоэлектрический эффект Кикоина-Носкова состоит:
1. В возникновении поперечной разности потенциалов в постоянном магнитном поле при облучении полупроводника светом.

2. В возникновении продольной разности потенциалов в постоянном магнитном поле при облучении полупроводника светом.
3. В возникновении продольной разности потенциалов в постоянном магнитном поле при облучении однородного полупроводника светом из области собственного поглощения.

Правильные ответы

Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ответы	2	1	4	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	2	3	2	1

Итоговая аттестация

Зачет в конце дисциплины. Практические навыки определяются при выполнении физического практикума (текущий контроль): работа с измерительными инструментами и приборами; обработка результатов лабораторных работ и их анализ; решение прикладных задач; применение физических законов для объяснений природных процессов

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

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

1. Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

1. Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 5 баллов,
- активное участие на лекциях – 5 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 30 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 10 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 5 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 5 баллов,
- выполнение домашних работ – 10 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 10 баллов,
- выполнение контрольных работ – 20 баллов.

2. Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины..

а) Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

<http://cathedra.dgu.ru/Default.aspx?id=1503>

Адреса блогов: <http://jkafftt.blogspot.ru/> ссылка для студентов

<http://zhfft.blogspot.ru/> ссылка для студентов

б) Основная литература:

1. П.К.Кашкаров, В.Ю.Тимошенко. Оптика твердого тела и низкоразмерных структур, М., Пульс, 2008, 292 с.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
3. К. В. Шалимова. Физика полупроводников. М., Энергоатомиздат, 1985.
4. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М., Наука, 1990.
5. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М., Наука, 1970.
6. Е. Ф. Венгер, А. В. Гончаренко, М. Л. Дмитрук. Оптика малых частиц и дисперсных сред. Киев, Наукова Думка, 1999.
7. С.В.Гапоненко, Н.Н. Розанов, Е.Л.Ивченко, А. Ф. Федоров и др. Оптика наноструктур. Под ред. А. Ф. Федорова. СПб., Недра, 2005.
8. И.П.Суздаев Нанотехнология:Физико-химиянанокластеров,наноструктур и наноматериалов М. «Либроком» 2009.
9. А.А.Елисеев, А.В.ЛукашинФункциональные наноматериалы.М.Физматизд.2010.

в) Дополнительная литература:

- 1.Ж. Панков. Оптические процессы в полупроводниках. М., Мир, 1973.
- 2.Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис. Полупроводниковая оптоэлектроника. М., Мир, 1976.
- 3.Ю. И. Уханов. Оптические свойства полупроводников. М., Наука, 1977.
- 4.В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. Основы наноэлектроники. М., Логос, 2006.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению **03.04.02 – физика:**

1. *eLIBRARY.RU* [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 18.03.22).
3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru> , свободный (дата обращения: 18.03.22).
4. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
5. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению **03.04.02 – физика:**

6. *eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>*
7. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения 18.03.22)
8. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru> , доступ свободный (дата обращения 18.03.22)
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Подготовка к семинарскому занятию включает закрепление и углубление теоретических знаний. В том числе: планирование самостоятельной работы, уяснение задания; подбор литературы; составление плана работы по пунктам.

Следующий этап – непосредственная подготовка к занятию – начинается с изучения рекомендованной литературы, т.к. на лекции рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Самостоятельная работа выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Во время самостоятельной работы обучающиеся должны изучать и конспектировать учебную, научную и справочную литературу, выполнять задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовиться к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Среди учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- презентации;
- тезисы лекций,
- ресурс электронных изданий по теме.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Программное обеспечение для лекций:

AdobeAcrobatReader, MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), средство просмотра изображений, табличный процессор, интернет, E-mail.

Программное обеспечение для практических занятий:

1. *StatisticaEducation,*
2. *MathcadAcademic*
3. *CorelDraw*

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

1. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием (интернет, интерактивная доска).

2. Практические занятия проводятся в лабораториях НОЦ «Нанотехнологии», оснащенных современным технологическим и измерительным оборудованием: многоцелевые универсальные установки для исследования оптических, фотоэлектрических и люминесцентных свойств в твердых телах и наноструктурах на основе спектрофотометра ИКС-14А и МДР-41. Имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копии периодических изданий и т. д.