



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

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:
Физика наносистем

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
вариативная

Махачкала, 2021 год

Рабочая программа дисциплины «Элементы зонной теории, оптические свойства наноструктур и квантово-размерных частиц» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, профиль подготовки «Физика наносистем» (уровень: магистратура) от «07» августа 2020 г. №914.

Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

Хамидов М.М. д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «26» 06 2021г., протокол № 10

Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «30» 06 2021 г., протокол №

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «09» 07 2021 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

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: 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, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме –контрольная работа и промежуточный контроль в форме зачета,

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе 144 в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия		Форма промежуточной аттестации (зачет,
	в том числе		
	Контактная работа обучающихся с преподава-	СРС,	

	телем					в том числе экзамен	дифференцированный зачет, экзамен
	Всего	из них					
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР		
3	144	12		24	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» относится к дисциплинам по выбору части профессионального цикла ООП. 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.

1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля):

1) общепрофессиональными:

способностью использовать знания современных проблем физики и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6)

2) профессиональными

Способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно – технологической деятельности (ПК-3)

В результате изучения дисциплины специалист должен:

- **получить представление** о зонной структуре твердых тел и механизмах оптического поглощения и излучения, экспериментальных методах измерения сечений захвата и рекомбинации носителей заряда центрами прилипания и излучения, об основных направлениях практического использования оптических свойств твердых тел и низкоразмерных структур;
- **знать** основы физики и кинетики протекания процессов, происходящих при поглощении квантов света, принцип действия различных приборов, работающих в режиме поглощения и излучения, их устройства и технические характеристики, методы определения рабочих параметров и их зависимость от внешних факторов, особенности рекомбинации заряженных частиц, физическую природу взаимодействия примесей и дефектов, физику фотопроцессов, и их особенности проявления в наноразмерных структурах.
- **уметь** составлять кинетические уравнения процессов захвата и рекомбинации для простых энергетических схем с учетом влияния мелких ловушек, оценивать характерные времена релаксации концентрации частиц в зонах в результате процессов ионизации и рекомбинации;
- **приобрести навыки** расчета сечений захвата, энергии ионизации примесно-дефектных центров по экспериментальным результатам. Приобрести навыки работы с твердотельными структурами работающими при взаимодействии со светом и устройствами регистрации токов и напряжений и потоков фотонов.

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
<p>УК-6. Способен определять и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания. ИУК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям. ИУК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков. ИУК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p><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 опыт в соответствии с задачами саморазвития. <u>Владеет:</u> навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста.</p>
<p>ОПК-1 Способен применять фундаментальные</p>	<p>ОПК-1.1. Владеет фундаментальными</p>	<p>Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для ре-</p>

<p>фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления педагогической деятельности</p>	<p>знаниями в области физики</p>	<p>решения задач профессиональной деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 проблем. - 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

		<p>вать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p> <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>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 преподавательской деятельности.
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных,

<p>сети, программные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящиеся за пределами профильной подготовки.</p>	<p>коммуникационных технологий.</p>	<p>компьютерных и сетевых технологий.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.
	<p>ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.
	<p>ОПК-3.3. Разрабатывает эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программ-

	<p>современных языков программирования и математического моделирования</p>	<p>ными продуктами при решении профессиональных задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> - эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разрабатывать специализированные программные средства и методы математического моделирования для проведения исследований и решения инженерных задач.
<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>ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей

	<p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; - методами описания результатов научных исследований для их внедрения
<p>ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся</p> <p>ПК-3.2. Демонстрирует способность организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области</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: содержание учебно-проектной деятельности обучающихся; основы организации индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности обучающихся.</p> <p>Умеет: совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности; организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся;</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу. <p>Владеет: способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.</p>

	ся.	
<p>ПК-5. Способен самостоятельно 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, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. 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</p>
	<p>ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.</p>	
	<p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.</p>	
	<p>ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния; физические основы структуры и свойств конденсированного состояния; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических</p>
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>	

	<p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физике конденсированного состояния</p>	<p>физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</p>
	<p>ПК-6.4. 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</p>	<p>Владеет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния; некоторыми диагностические методы исследования конденсированного состояния; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния, физических процессов, протекающих в конденсированной среде.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоя-	Формы текущего контроля успеваемости (по
-------	---------------------------	---------	-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------	-----------	------------------------------------------

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1.									
1	Основы зонной теории твердого тела. Классификация твердых тел по зонной теории.	3	1,2	2	2			14	Устный опрос
2	Взаимодействие света с металлами и диэлектриками. Поглощение света в полупроводниках Механизмы поглощения		3,4	2	4			12	Контрольная работа
	Итого по модулю 36			4	6			26	
Модуль 2									
3	Экситонное и примесное поглощение света. Эмиссия излучения из твердых тел.	3	5,6	2	4			12	Устный опрос
4	Фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны. Влияние размеров тел на их оптические свойства (I) и (II)		7,8	2	4			12	Контрольная работа
	Итого по модулю 36			4	8			24	
Модуль 3									
5	Экситоны в полупроводниковых наноструктурах		10	2	4			10	
6	Оптические свойства твердотельных нанокompозитов. Оптиче-		11	2	6			12	Устный опрос

	ские свойства и применения полупроводниковых наноструктур							Контрольная работа
	Итого по модулю 36		4	10			22	
	Всего		12	24			72	
Модуль 4.								
	Итоговый контроль знаний.	2	Подготовка к экзамену					Экзамен 36
	Итого за дисциплину: 144 часа		12	24			108	

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

Модуль 1.

Тема 1. Основы зонной теории твердого тела. Уравнение Шредингера. Приближенное решение уравнения Шредингера;

Тема 2. Классификация твердых тел по зонной теории. Проводники, диэлектрики, полупроводники.

Тема 3. Взаимодействие света с металлами и диэлектриками

Тема 4. Поглощение света в полупроводниках. Механизмы поглощения. Уравнение Бугера-Ламберта. Коэффициент поглощения. Спектры.

Модуль 2

Тема 1. Экситоны. Экситонное и примесное поглощение света.

Тема 2. Эмиссия излучения из твердых тел. Спонтанное и вынужденное излучение.

Тема 3. Фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны.

Тема 4. Основы теории фотонных кристаллов. Влияние размеров тел на их оптические свойства.

Модуль 3.

Тема 1. Оптические свойства твердотельных нанокомпозитов.

Тема 2. Элементы нелинейной оптики наноструктур и нанокомпозитов.

Тема 3. Нелинейные оптические явления в твердотельных системах

Тема 4. Оптические свойства и применения полупроводниковых наноструктур

Модуль 4.

Модуль 4. Подготовка к экзамену.

Спецпрактикум по физике наносистем

В учебном плане магистратуры по направлению 03.04.02 – Физика предусмотрен специальный физический практикум, в котором выполняются лабораторные работы, в том числе и по оптике твердого тела и низкоразмерных структур.

Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами, не только для выполнения спецпрактикума, но и выполнения соответствующих курсовых и диссертационных работ. На кафедре имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копии периодических изданий, и т. д. необходимой для информационного обеспечения самостоятельной работы студентов по освоению как теоретических так и практических вопросов по дисциплине

Спецпрактикум магистрами выполняется в специальных учебных лабораториях и на научных установках НОЦ «Нанотехнологии».

К работам имеются пособия и методические указания.

Ниже дан список типовых работ, выполняемых магистрами.

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО 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. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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 непрямах 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 нанокompозитах?
27. Как можно использовать фотонные кристаллы для оптического переключения?
28. Как зависит эффективность генерации оптической гармоника в нанокompозитах от размеров наночастиц.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов, предусмотрена учебным планом в объеме не менее 50%, в том числе подготовка к экзамену, от общего количества часов. Она необходима для более глубокого усвоения изучаемого курса, формирования навыков исследовательской работы и умение применять теоретические знания на практике. Самостоятельная работа должна носить систематический характер. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос и дискуссии на семинарских занятиях, проверка письменных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- повторения пройденного материала;
- подготовки к семинарам и контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- работы с периодическими изданиями – научными статьями и обзорами по теме;
- составление обзора по механическим, кинетическим и магнитным свойствам перспективных наноматериалов на основе публикаций из рейтинговых отечественных и зарубежных журналов.

Итоговый контроль. Экзамен в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний по всему пройденному материалу.

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>12</i>		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	<i>8</i>		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	<i>6</i>		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	<i>6</i>		
подготовка к экзамену (экзаменам)	<i>36</i>		
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	<i>4</i>		
Итого СРС:	<i>72 часа</i>		

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

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
--------------------------------	------------------------------------------------------	---------------------------------	--------------------

тенции из ФГОС ВО	петенций (в соответствии с ПООП (при наличии))		
<p>УК-6. Способен определять и реализовать приоритеты собственной деятельности и способности ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания. ИУК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям. ИУК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков. ИУК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии</p>	<p><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 опыт в соответствии с задачами саморазвития. <u>Владеет:</u> -навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

	личного развития.		
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а так же владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления педагогической деятельности	ОПК-1.1. Владеет фундаментальными знаниями в области физики	Знает: - 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; Умеет: - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.	Письменный опрос

		<p>- основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.</p>	
	<p>ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач</p>	<p><u>Знает:</u> - основы физики конденсированного состояния: основы зонной теории, физику металлов и полупроводников, электрические и оптические свойства твердых тел и наносистем</p> <p><u>Умеет:</u> - использовать фундаментальные знания в области физики твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем при решении научно-исследовательских задач в области наносистем. - реализовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области физики твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем</p> <p><u>Владеет:</u> - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области физики твердого тела, квантоворазмер-</p>	

		ных структур и наносистем.	
	<p>ОПК-1.3. Применяет специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности.</p>	<p>Знает: - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. Умеет: - 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. Владеет: - специальными технологиями и методами для реализации преподавательской деятельности.</p>	
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуни-</p>	<p>Знает: - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информа-</p>	Круглый стол

<p>современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>кационных технологий.</p>	<p>ционных, компьютерных и сетевых технологий. Умеет: - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. Владеет: - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.</p>	
<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. ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. Умеет: - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - определять ожидаемые результаты научных исследований;</p>	<p>Устный опрос</p>

		<p>- определять способы внедрения результатов научных исследований.</p> <p>Владеет:</p> <p>- профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции;</p> <p>- методами описания результатов научных исследований для их внедрения.</p>	
<p>ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний в области физики конденсированного состояния и наносистем определять содержание учебно- проектной деятельности обучающихся</p>	<p>Знает: содержание учебно- проектной деятельности обучающихся; основы организации индивидуальной и совместной учебно- проектной деятельности обучающихся.</p> <p>Умеет: совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно- проектной деятельности; организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся;</p> <p>- работать в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу.</p> <p>Владеет: способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся в индивидуальной и</p>	Устный опрос
	<p>ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в области физики твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем</p>		
	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и тех-</p>		

	нологии организации и проведения проектной и учебно- исследовательской деятельности обучающихся.	совместной учебно- проектной деятельности	
ПК-5. Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований	ПК-5.1. Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.	Знает: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. 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	Устный опрос
	ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.		
	ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.		
	ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.		

<p>ПК-6.Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физики твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния; физические основы исследования структуры и свойств твердых тел, квантоворазмерных и наноструктурированных систем;</p> <p>Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и теоретических исследований структуры и свойств наносистем; анализировать устройство используемых приборов и принципов их действия, выполнять измерения, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники.</p> <p>Владеет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации.</p>	<p>Устный опрос</p>
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем</p>		
	<p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физики твердого тела, квантоворазмерных структур и наносистем.</p>		
	<p>ПК-6.4. 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</p>		

7.2. 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. $\tau_n = \frac{1}{q_n \nu_n p}$, где q_n, ν_n, p - соответственно сечение захвата, относительная скорость движения электрона и дырок, концентрация дырок.

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

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. $\frac{\Delta n}{\Delta p} \gg 1$ $\frac{\Delta p}{\Delta n} \gg 1$
 - 2) $\frac{\Delta n}{\Delta p} = 1$
 2. $\Delta n + \Delta p = \Delta p$
 - 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)
- $$\ell_y = \sqrt{\frac{\epsilon k T}{8 \pi e^2 n_0}}$$
- 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.

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

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий 10 баллов
- участие на практических занятиях 40 баллов
- выполнение аудиторных контрольных работ 50 баллов

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос 20 баллов
- отчет за модуль 80 баллов

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) 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-имиянано кластеров, наноструктур и наноматериалов М. «Либроком» 2009.
9. А.А.Елисеев, А.В.Лукашин Функциональные наноматериалы. М.: Физматизд.2010.

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 нанoeлектроники. М., Логос, 2006.

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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
 2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
 3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
 4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
 5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
 6. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
 7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
 8. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
 9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
 10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитования (<http://www.fepo.ru/>)
- 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень вопросов, включенных в рабочую программу дисциплины, может быть дополнен отдельными разделами из последних научных достижений в данной области, отраженных в современных обзорах, опубликованных в журналах «Успехи физических наук», «Физика и техника полупроводников», «Физика твердого тела», «Оптика и спектроскопия», «Неорганические материалы», Материалы Международных конференций по опто-, наноэлектронике, нанотехнологии и микросистемам и физической электронике и др.

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

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

Учебная лаборатория и компьютерный класс, многоцелевые универсальные установки для исследования оптических, фотоэлектрических и люминесцентных свойств в твердых телах и наноструктурах на основе спектрофотометра ИКС-14А и МДР-41