



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Н.М. Буднев
«22» апреля 2020 г.
Физический факультет
Иркутский государственный университет
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»)

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): **Квантовая оптика и атомная физика**

Код дисциплины: **Б1.О.13.03**

Направление подготовки: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Тип образовательной программы: бакалавриат

Профиль подготовки: **"Материалы и компоненты твердотельной электроники"**

Степень (квалификация) выпускника - бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 25 от 21.04.2020 г.

Зам. председателя

В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой

Общей и экспериментальной физики

Протокол № 6

От 13.04.2020 г.

Зав. кафедрой

А.А. Гаврилюк

Иркутск 2020 г.

Содержание

	Стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
6.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	
6.2 Перечень практических занятий.	
6.3 План самостоятельной работы студентов	
6.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.	
6.5. Примерная тематика курсовых работ (при наличии)	
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	11
а) перечень литературы;	
б) периодические издания;	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	12
9. Образовательные технологии	13
10. Оценочные средства (ОС).	13

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цель дисциплины - дать студентам целостное в рамках существующих естественнонаучных положений представление о состоянии исследований в одной из наиболее развивающихся областей физики систем взаимодействующих частиц, ознакомить с методами расчета энергетического спектра макроскопических тел.

- научить студентов ориентироваться в основных направлениях развития и проблематике квантовой оптики, физики атома и атомных явлений и их приложений в современной технике и технологиях.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с основными законами и физическими величинами, характерными для квантовой оптики и атомной физики;
- изучение теории равновесного электромагнитного излучения;
- развитие у студентов общих представлений квантовой механики;
- ознакомление студентов с основными принципами описания структуры атомов и процессами взаимодействия квантовых систем с излучением;
- изучение молекул, их структуры и спектров;
- изучение основ физики лазеров, физики металлов и полупроводников, принципов работы устройств современной микро- и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина “Квантовая оптика и атомная физика” является дисциплиной профессионального цикла и относится к базовой части Б1 основной профессиональной образовательной программы по направлению **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**.

Дисциплина “Квантовая оптика и атомная физика” опирается на математическую дисциплину “Математический анализ” (код дисциплины Б1.О.12.01), школьные дисциплины “Физика” и “Химия”.

Освоение дисциплины необходимо для освоения курсов: «Квантовая механика» (код дисциплины Б1.О.25), “Твердотельная электроника” (код дисциплины Б1.О.17), «Микро- и нанoeлектроника» (код дисциплины Б1.О.18), «Физические основы электроники» (код дисциплины Б1.О.20), «Квантовая и оптическая электроника» (код дисциплины Б1.В.ДВ.01.01).

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач	ОПК-1.1 Представляет адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знать: - основные понятия, законы и модели квантовой оптики и атомной физики; - квантово - механическое описание атомных явлений; - основные научные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов, процессов и явлений квантовой оптики и атомной физики;

инженерной деятельности	<p>ОПК-1.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p> <p>ОПК-1.3 Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекает для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать законы квантовой оптики и атомной физики при решении задач; - применять теоретические знания к решению практических задач; - оценивать пределы применимости основных методов описания атомных явлений; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования базовых знаний в области физики в профессиональной деятельности; навыками решения типовых задач из области квантовой оптики и атомной физики; - методами квантово - механического описания простейших квантовых систем; - методами экспериментальных исследований параметров и характеристик атомных явлений; - методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.
-------------------------	--	---

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	151/4,12	151/4,12
В том числе:	-	-
Лекции	60/1,7	60/1,7
Практические занятия (ПЗ)	60/1,7	60/1,7
Лабораторные работы	20/0,5	20/0,5
Контроль самостоятельной работы (КСР)		
Контроль общих (КО)		
Консультации	8/0,22	8/0,22
Самостоятельная работа (всего)	68/1,88	68/1,88
В том числе:	-	-
<i>Самостоятельная работа (подготовка докладов по темам, решение задач, подготовка отчетов по лабораторным работам)</i>	68/1,88	68/1,88
Контроль	36/1	36/1
В том числе:		
<i>Сдача отчетов по лабораторным работам, домашних работ, выступление с докладом по теме, тестирование, коллоквиум</i>	30/0,83	30/0,83
<i>Подготовка к экзамену</i>		
<i>Экзамен</i>	6/0,17	6/0,17
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Экзамен	Экзамен
Общая трудоемкость	часы/ зачетные единицы	252/7
		252/7

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).

Введение

Определения. Масштабы размеров, масс и энергий в атомной физике. Фотон.

1. Квантовая природа излучения

1.1. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Законы Стефана - Больцмана и смещения Вина. Формулы Рэлея - Джинса и Планка. Оптическая пирометрия. Тепловые источники света.

1.2. Виды фотоэлектрического эффекта. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света. Применение фотоэффекта.

1.3. Энергия и импульс фотона. Давление света.

1.4. Эффект Комптона и его элементарная теория.

1.5. Единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения.

2. Теория атома водорода по Бору

2.1. Модели атома Томсона и Резерфорда.

2.2. Линейчатый спектр атома водорода.

2.3. Постулаты Бора.

2.4. Опыты Франка и Герца.

2.5. Спектр атома водорода по Бору.

3. Элементы квантовой механики

3.1. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества.

3.2. Некоторые свойства волн де Бройля

3.3. Соотношение неопределенностей

3.4. Волновая функция и ее статистический смысл.

3.5. Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.

3.6. Принцип причинности в квантовой механике.

3.7. Движение свободной частицы.

3.8. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками»

3.9. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект.

3.10. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике

4. Элементы современной физики атомов и молекул

4.1. Атом водорода в квантовой механике. $1s$ -Состояние электрона в атоме водорода.

4.2. Спин электрона. Спиновое квантовое число.

4.3. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны.

4.4. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям.

4.5. Периодическая система элементов Менделеева.

4.6. Рентгеновские спектры.

4.7. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света.

4.8. Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучения. Оптические квантовые генераторы (лазеры).

5. Элементы квантовой статистики

5.1. Квантовая статистика. Фазовое пространство. Функция распределения.

5.2. Понятие о квантовой статистике Бозе - Эйнштейна и Ферми - Дирака.

- 5.3. Вырожденный электронный газ в металлах
 5.4. Понятие о квантовой теории теплоемкости. Фононы.
 5.5. Выводы квантовой теории электропроводности металлов
 5.6. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Понятие об эффекте Джозефсона.

6. Элементы физики твердого тела

- 6.1. Понятие о зонной теории твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.
 6.2. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
 6.3. Фотопроводимость полупроводников.
 6.4. Люминесценция твердых тел.
 6.5. Контакт двух металлов по зонной теории. Термоэлектрические явления и их применение.
 6.6. Выпрямление на контакте металл - полупроводник (*диод Шоттки*)
 6.7. Контакт электронного и дырочного полупроводников (*p-n-переход*)
 6.8. Полупроводниковые диоды и триоды (транзисторы)

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1.	Квантовая механика	1	2	3	4	5	6	7	8		
2.	Твердотельная электроника	4	5	6							
3.	Микро- и наноэлектроника	1	2	3	4	5	6				
4.	Физические основы электроники	1	2	3	4	5	6	7			
5.	Квантовая и оптическая электроника	1	2	3	4	5	6	7	8		

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Виды занятий в часах								
		Лекц.	Практ. зан.	Лаб.	КСР	КО	СРС	Конс.	Контроль	Всего
1.	Введение	4	4				2		2	12
2.	1. Квантовая природа излучения	8	8	3			11		3	33
3.	2. Теория атома водорода по Бору	8	8	4			11		5	36
4.	3. Элементы квантовой механики	10	10	3			11		5	39
5.	4. Элементы современной физики атомов и молекул	10	10	4			11		5	40
6.	5. Элементы квантовой статистики	10	10	3			11		5	39
7.	6. Элементы физики твердого тела	10	10	3			11		5	39
8.	Экзамен							8	6	14
	Итого:	60	60	20			68	8	36	252

6. ПЕРЕЧЕНЬ СЕМИНАРСКИХ, ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

6.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах								
			Л.	ПЗ	Лаб.	КСР	КО	СРС	Консультация	Контроль	Всего
1.	Введение	Определения. Масштабы размеров, масс и энергий в атомной физике. Фотон.	4	4				2		2	12
2.	1. Квантовая природа излучения	1.1. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Законы Стефана - Больцмана и смещения Вина. Формулы Рэлея - Джинса и Планка. Оптическая пирометрия. Тепловые источники света. 1.2. Виды фотоэлектрического эффекта. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света. Применение фотоэффекта. 1.3. Энергия и импульс фотона. Давление света. 1.4. Эффект Комптона и его элементарная теория. 1.5. Единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения.	8	8	3			11		3	33
3.	2. Теория атома водорода по Бору	2.1. Модели атома Томсона и Резерфорда. 2.2. Линейчатый спектр атома водорода. 2.3. Постулаты Бора. 2.4. Опыты Франка и Герца. 2.5. Спектр атома водорода по Бору.	8	8	4			11		5	36
4.	3. Элементы квантовой механики	3.1. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. 3.2. Некоторые свойства волн де Бройля 3.3. Соотношение неопределенностей 3.4. Волновая функция и ее статистический смысл. 3.5. Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. 3.6. Принцип причинности в квантовой механике. 3.7. Движение свободной частицы. 3.8. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками» 3.9. Прохождение частицы сквозь	10	10	3			11		5	39

		потенциальный барьер. Туннельный эффект. 3.10. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике								
5.	4. Элементы современной физики атомов и молекул	4.1. Атом водорода в квантовой механике. $1s$ -Состояние электрона в атоме водорода. 4.2. Спин электрона. Спиновое квантовое число. 4.3. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны. 4.4. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. 4.5. Периодическая система элементов Менделеева. 4.6. Рентгеновские спектры. 4.7. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. 4.8. Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучения. Оптические квантовые генераторы (лазеры).	10	10	4			11	5	40
6.	5. Элементы квантовой статистики	5.1. Квантовая статистика. Фазовое пространство. Функция распределения. 5.2. Понятие о квантовой статистике Бозе - Эйнштейна и Ферми - Дирака. 5.3. Вырожденный электронный газ в металлах 5.4. Понятие о квантовой теории теплоемкости. Фононы. 5.5. Выводы квантовой теории электропроводности металлов 5.6. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Понятие об эффекте Джозефсона.	10	10	3			11	5	39
7.	6. Элементы физики твердого тела	6.1. Понятие о зонной теории твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории. 6.2. Собственная и примесная проводимость полупроводников. 6.3. Фотопроводимость полупроводников. 6.4. Люминесценция твердых тел. 6.5. Контакт двух металлов по зонной теории. Термоэлектрические явления и их применение. 6.6. Выпрямление на контакте металл - полупроводник (<i>диод Шоттки</i>) 6.7. Контакт электронного и дырочного полупроводников (<i>p-n-переход</i>) 6.8. Полупроводниковые диоды и триоды (транзисторы)	10	10	3			11	5	39
8.	Экзамен							8	6	14
	Итого:		60	60	20			68	8	36

Л- лекция, ПЗ – практические занятия, СРС – самостоятельная работа студента, К – контроль.

6.2 Перечень практических занятий.

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование практических работ	Трудоёмкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Введение	Определения. Масштабы размеров, масс и энергий в атомной физике. Фотон.	4	Контрольные вопросы.	ОПК-1
2.	Раздел 1. Тема 1.1-1.5	Квантовая природа излучения	8	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1
3.	Раздел 2. Тема 2.1-2.5	Теория атома водорода по Бору	8	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1
4.	Раздел 3. Тема 3.1 - 3.10	Элементы квантовой механики	10	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1
5.	Раздел 4. Тема 4.1 - 4.8	Элементы современной физики атомов и молекул	10	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1
6.	Раздел 5. Тема 5.1 – 5.6	Элементы квантовой статистики	10	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1
7.	Раздел 6. Тема 6.1 - 6.8	Элементы физики твердого тела	10	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1
8.		Экзамен.	6		ОПК-1

6.3 План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Введение	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	2
1-3	Квантовая природа излучения	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	11
4-5	Теория атома водорода по Бору	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	11
6-8	Элементы квантовой механики	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	11
9-11	Элементы современной	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к	Из списка основной и	11

	физики атомов и молекул		занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	дополнительной литературы.	
12-14	Элементы квантовой статистики	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	11
15-17	Элементы физики твердого тела	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, решение задач, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	11
18	Подготовка к экзамену. Экзамен			Из списка основной и дополнительной литературы.	6

6.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) Овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно – методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники, Интернета и др.;

2) Закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекций;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;

- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных источников;
- тестирование и др.;

3) Формировать умения:

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к выпускной квалификационной работе.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

6.5. Примерная тематика курсовых работ

Выполнение курсовых работ *не предусмотрено учебным планом*

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) перечень литературы

основная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики [Электронный ресурс] : учебное пособие. В 5 т. Т.V. Атомная и ядерная физика — 3-е изд. стер. / Д. В. Сивухин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 784 с. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-0645-0

Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т.V. Атомная и ядерная физика / Д. В. Сивухин. - 3-е изд. стер.- М. : Физматлит, 2008. - 784 с.

2. Атомная физика [Электронный ресурс]: учебник / Э. В. Шпольский. - СПб. : Лань, 2010. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=442. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1004-0. - ISBN RU20070172(ошибочный).

Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1: Введение в атомную физику: учебник / Э. В. Шпольский. - СПб. : Лань, 2010. - 557 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр. в сносках. - ISBN 978-5-8114-1005-7 (15 экз.)

3. Душутин Н.К. Физика. Физика атомных явлений: учеб. пособие / Н.К. Душутин. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2007. – 156 с.(30 экз.)

4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Е. Иродов = Exercises in general physics. - Москва : Лань, 2009. - 416 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике) (Классические задачки и практикумы. Физика). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0319-6 : Б. ц.

5. Атомная физика: лабораторный практикум. Учеб. пособие / сост. Л.И. Щепина, В.В. Чумак, В.В. Лызганов. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2017. – 136 с. ISBN 978-5-9624-1486-7 (30 экз.)

дополнительная литература:

1. Душутин Н.К. Физика. Физика атомных явлений : учеб. пособие / Н. К. Душутин, В. М. Калихман, Ю. Н. Переляев ; Сибирский ин-т права, экон. и упр. - Иркутск : Изд-

во СИПЭУ, 2007. - 219 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 219. - ISBN 978-5-9769-0009-7 (28экз.)

2. **Трофимова Т. И.** Курс физики: учеб. пособие для вузов / М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 560 с.
3. **Ельяшевич М.А.** Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А. Ельяшевич.- 2-е изд. – М. : Эдиториал, УРСС, 2010. -894 с.

б) периодические издания

- нет.

в) список авторских методических разработок

В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru> - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- 5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru> - интернет ресурсы в свободном доступе.

Сверено с НБ ИГУ

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Чтение лекций сопровождается демонстрацией информации, для чего используются мультимедийные средства: переносной проектор, переносной экран, ноутбук. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Лабораторный практикум по кантовой оптике и атомной физике расположен в специальной учебной лаборатории факультета. Имеются компьютеры для обработки экспериментальных данных и модельных работ.

8.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде, используются стандартные средства Windows и MS Office:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно. 17 18
4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

8.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска. В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

8.4. Лабораторные работы по курсу проводятся в специализированной лаборатории.

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **лабораторные работы**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Вводная лекция, информационная лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи.
2.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, выступление с докладом по теме, опрос, письменный текущий контроль, собеседование, коллоквиум.
3.	Лабораторные работы	Занятия проводятся в экспериментальной лаборатории на лабораторных установках, с последующим написанием отчета по лабораторной работе и его защите.

10. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА (ОС)

Фонд оценочных средств представлен в Приложении к программе.

10.1. Оценочные средства для входного контроля (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

10.2. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль осуществляется в устной и письменной форме при выполнении студентами учебных заданий - решении задач и выполнении контрольных работ или тестовых заданий, выполнении и защите лабораторных работ, выступлении с докладами по предложенным темам на протяжении всего курса. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ОПК-1. По результатам текущего контроля выставляются оценки по пятибалльной шкале, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при аттестации студентов в середине семестра и получении студентом допуска к экзамену.

Преподаватель задаёт студентам задачи для внеаудиторной самостоятельной работы, подобные разобранным в лекционном курсе и контролирует успешность самостоятельного решения студентами этих задач (как минимум, проверяя вслух правильность полученных ответов).

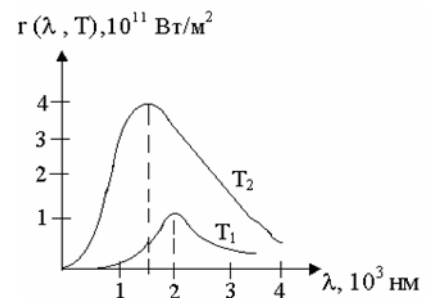
В рамках лабораторных работ имеются контрольные вопросы и упражнения в соответствующих методических материалах к каждой работе.

10.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенции ОПК-1 и проводится в форме контрольных работ, тестирования или коллоквиума по ранее изученным темам, а также защит выполненных лабораторных работ. Оценка выставляется по пятибалльной системе.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

1. На графике приведена зависимость испускательной способности абсолютно чёрного тела от длины волны для двух различных температур. Определите из графика отношение температур T_1/T_2 .
- а) 0,5 б) 1,23 в) 1,33 г) 3,0 д) 0,75



2. Волновая функция или функция состояния даёт возможность ...
- а) предсказать, какие значения всех измеряемых величин будут наблюдаться на опыте и с какой вероятностью
- б) описать закон движения частицы
- в) получить информацию о значении координат и импульса частицы
- г) получить информацию о значении энергии и интервале времени, в течение которого частица имеет эту энергию
- д) описать законы термодинамики
3. Чему равна длина волны де Бройля для частицы, обладающей импульсом $3,3 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$
- а) 100 пм б) 20 нм в) 0,2 пм г) 0,1 пм д) 0,2 нм
4. Системы из каких квантовых частиц описываются функцией распределения Ферми-Дирака.
- а) Системы из частиц с полуцелым спином
- б) Системы из частиц с целым спином
- в) Системы из частиц с нулевым спином
- г) Системы из частиц, практически не взаимодействующих между собой
- д) Системы из частиц очень высоких энергий
5. Каков характер температурной зависимости электропроводности металлов σ_m и полупроводников σ_n

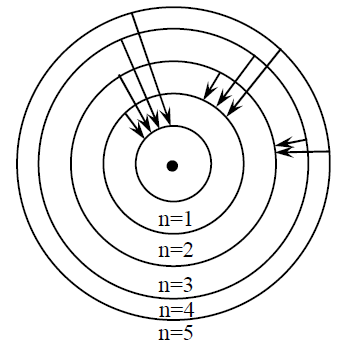
- а) $\sigma_m \sim \frac{1}{T}, \sigma_n \sim \exp\left(\frac{-\Delta E}{2kT}\right)$
 б) $\sigma_m \sim 1/T, \sigma_n \sim \text{не зависит от } T$
 в) $\sigma_m \text{ не зависит от } T, \sigma_n \sim \exp\frac{-\Delta E}{2kT}$
 г) $\sigma_m \sim 1/T, \sigma_n \sim T$
 д) $\sigma_m \sim T, \sigma_n \sim T^2$

6. Что такое уровень Ферми?

- а) максимальная энергия электронов в кристалле
 б) средняя энергия электронов в кристалле
 в) максимальная энергия электронов в кристалле при 0^0K
 г) минимальная энергия электронов в кристалле

7. На рис. изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой - Бальмера, в инфракрасной - серию Пашена. Наибольшей частоте кванта в серии Бальмера соответствует переход...

- а) $n = 4 \rightarrow m = 3$ б) $n = 5 \rightarrow m = 1$
 в) $n = 5 \rightarrow m = 2$ г) $n = 3 \rightarrow m = 2$.



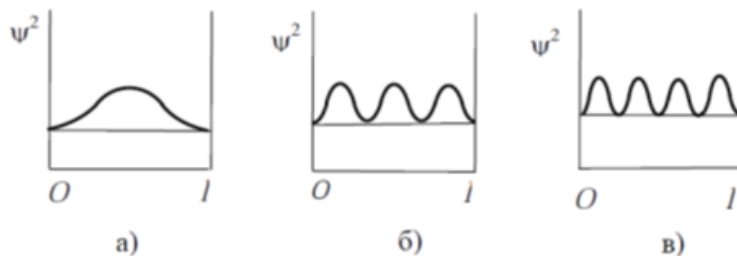
8. Связь в куперовской паре в сверхпроводнике обеспечивают:

- а) фотоны; б) магноны; в) фононы; г) экситоны;

9. Полупроводник в виде тонкой пластины высотой $d = 1$ см и длиной $l = 10$ см помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2$ Тл. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости пластины. К концам пластины вдоль l приложено постоянное напряжение $U = 300$ В. Определить холловскую разность потенциалов, если постоянная Холла $R_x = 0,1$ м³/Кл, а удельное сопротивление $\rho = 0,5$ Ом·м.

- а) $U_x = 5,4$ В б) $U_x = 1,2$ В в) $U_x = 8,6$ В г) $U_x = 3,5$ В

10. Какой из приведенных ниже графиков описывает распределение плотности вероятности обнаружения частицы в потенциальной яме для основного состояния?



10.3. Оценочные средства для итогового контроля

Итоговый контроль направлен на проверку сформированности компетенции ОПК-1 и проводится в форме **экзамена**. Форма проведения экзамена – устный по билетам или письменный по билетам. Экзамены проводятся во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием. Экзаменационный билет состоит из двух теоретических и одного практического вопроса. Экзаменационные задания (билеты) для приема экзаменов выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе экзамена. Студент бакалавр допускается к экзамену в том случае,

если в течение семестра им выполнены все лабораторные работы предусмотренные курсом.

Критерии оценки по результатам экзамена:

Оценка «отлично»: свободно владеет теоретическими понятиями дисциплины; проявляет системность знаний учебного материала и способность устанавливать связи между теоретическими понятиями; умеет делать перенос теоретических знаний в практическую область применения; умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой; понимает значение приобретенных знаний для будущей профессии, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебнопрограммного материала.

Оценка «хорошо»: студент владеет теоретическими знаниями, достаточно свободно оперирует ими; успешно выполняет предусмотренные в программе задания, усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; показывает систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности; осуществляет частичный перенос теоретических знаний в прикладную область; проявляет незначительные нарушения в установлении взаимосвязи между теоретическими понятиями.

Оценка «удовлетворительно»: студент обнаруживает знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой; знаком с основной литературой, рекомендованной программой; допускает погрешности в ответе в ходе итоговой аттестации, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно»: студент проявляет отрывочные знания, не осуществляет перенос теоретических знаний в практику; отсутствует интеграция знаний.

**Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу:
«Квантовая оптика и атомная физика»**


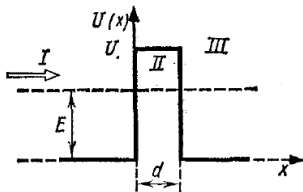
1. Тепловое излучение
2. Внешний фотоэффект
3. Корпускулярно-волновой дуализм света. Фотоны
4. Эффект Комптона
5. Теория атома водорода по Бору
6. Гипотеза и формула де Бройля. Соотношение неопределенностей.
7. Волновая функция. Уравнение Шредингера для стационарного состояния.
8. Частица в потенциальной яме (ящике). Прохождение частицы через потенциальный барьер. Квантовый осциллятор.
9. Уравнение Шредингера для атома водорода. Энергия электрона в атоме водорода. Излучение и поглощение энергии атомом. Формула Бальмера-Ридберга.
10. Квантовые числа. Квантование момента импульса. Спин электрона. Правило отбора. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.
11. Характеристики состояния электрона в атоме. Периодическая система элементов. Рентгеновские спектры.
12. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света.
13. Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучения. Оптические квантовые генераторы (лазеры).
14. Атом в магнитном поле. Магнитный резонанс. Расщепление спектральных линий в слабом и сильном магнитных полях. Простой и сложный эффект Зеемана.

15. Квантовая статистика. Фазовое пространство. Функции распределения Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна и Максвелла-Больцмана. Вырожденный электронный газ в металлах.
16. Понятие о квантовой теории теплоемкости. Фононы.
17. Выводы квантовой теории электропроводности металлов.
18. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Понятие об эффекте Джозефсона.
19. Типы связи в твердом теле. Понятие о зонной теории твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.
20. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
21. Фотопроводимость полупроводников. Люминесценция твердых тел. Эффект Холла.
22. Контакт двух металлов по зонной теории. Термоэлектрические явления и их применение.
23. Выпрямление на контакте металл - полупроводник (*диод Шоттки*).
24. Контакт электронного и дырочного полупроводников (*p-n-переход*). Полупроводниковые диоды и триоды (транзисторы).

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
1	Текущий контроль	Все темы	ОПК-1
2	Отчёт по лабораторной работе	Темы 2-6	ОПК-1
3	Промежуточная аттестация	Все темы	ОПК-1
4	Экзамен	Все темы	ОПК-1

Пример экзаменационного билета.

 МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ») Физический факультет	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1 По курсу «Квантовая оптика и атомная физика»	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Тепловое излучение 2. Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучения. Оптические квантовые генераторы (лазеры). 3. Электрон с энергией $E = 4,9$ эВ движется в положительном направлении оси x. Высота U потенциального барьера равна 5 эВ. При какой ширине d барьера вероятность W прохождения электрона через него будет равна 0,2? 	
Экзаменационные билеты рассмотрены на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета. Протокол № _____ от _____ 20__ г. Председатель учебно-методической комиссии _____ Н.М. Буднев	
Разработчик: _____ доцент Морозова Н.В. (подпись) (занимаемая должность) (Ф.И.О.)	

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Разработчики:



к.ф.-м.н., доцент Морозова Н.В.

Программа рассмотрена на заседании **кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ**

«13» апреля 2020 г.

Протокол № 6

Зав.кафедрой



д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.