МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая механика

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	18	18	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Зачет: 3 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 26317

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от « 20 » 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. ЭП _____ В. И. Быков

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Эксперты:

председатель методической комиссии кафедры ЭП, профессор каф. ЭП _____ Л. Н. Орликов

председатель методической комиссии ФЭТ, доцент каф. ФЭ _____ И. А. Чистоедова

Согласована на портале № 26317

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью освоения курса является ознакомление студентов с основными законами современной физики и возможностями их применения при решении задач, возникающих в их последующей профессиональной деятельности.

1.2. Задачи дисциплины

– изучение основных законов и математического аппарата квантовой механики и статистической физики;

– формирование навыков применения этих законов для анализа динамики микрочастиц и физических свойств равновесных макроскопических систем;

– обучение решению конкретных задач квантовой механики и статистической физики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая механика» (Б1.В.ОД.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Методы математической физики, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Квантовая и оптическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные понятия, законы и наиболее важные элементы математического аппарата квантовой механики и статистической физики

– **уметь** анализировать динамику электронов, атомов и других микрообъектов с использованием представлений и законов квантовой механики; исследовать свойства макроскопических систем методами равновесной статистической механики

– **владеть** основными математическими методами нерелятивистской квантовой механики и статистической физики

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	54
Лекции	20	20
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	18	18
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Подготовка к контрольным работам	5	5
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	15	15
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18

Согласована на портале № 26317

Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., час	Прак. зан	Лаб. раб.,	Сам. раб.,	Всего (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Основные представления квантовой механики	1	2	4	8	15	ОПК-2, ПК-3
2 Элементы математического аппарата	2	2	4	9	17	ОПК-2, ПК-3
3 Уравнение Шредингера	2	2	0	3	7	ОПК-2, ПК-3
4 Атом водорода	1	0	4	5	10	ОПК-2, ПК-3
5 Спин, электрон в магнитном поле	1	0	0	2	3	ОПК-2, ПК-3
6 Теория возмущений	1	0	0	1	2	ОПК-2, ПК-3
7 Системы многих частиц	2	2	0	3	7	ОПК-2, ПК-3
8 Элементы теории рассеяния	1	0	0	1	2	ОПК-2, ПК-3
9 Основные представления статистической физики	2	2	0	4	8	ОПК-2, ПК-3
10 Распределение Гиббса	1	0	0	1	2	ОПК-2, ПК-3
11 Распределения Максвелла и Больцмана	1	0	0	1	2	ОПК-2, ПК-3
12 Большое каноническое распределение	2	0	0	1	3	ОПК-2, ПК-3
13 Квантовые статистические распределения	1	2	4	7	14	ОПК-2, ПК-3
14 Статистическая механика вырожденного ферми-газа	1	2	0	3	6	ОПК-2, ПК-3
15 Формула Планка	1	4	0	5	10	ОПК-2, ПК-3
Итого за семестр	20	18	16	54	108	
Итого	20	18	16	54	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, час	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные представления квантовой механики	Дифракция микрочастиц. Волновая функция. Принцип неопределенности Гайзенберга. Волна де Бройля.	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
2 Элементы	Свойства линейных операторов. Собственные	2	ОПК-2,

Согласована на портале № 26317

математического аппарата	значения и собственные функции линейных операторов. Эрмитовы операторы. Разложение по собственным функ-циям эрмитового оператора. Собственные функции и соб-ственные значения оператора импульса. Матричное представление операторов. Средние значения физических величин и квантовомеханических операторов. Распределение вероятностей измерений физических величин. Основные квантовомеханические операторы. Квантовая механика в дираковских обозначе-ниях.		ПК-3
	Итого	2	
3 Уравнение Шредингера	Уравнение Шредингера для системы из двух одинаковых частиц. Квантовая механика атома и периодическая система элементов Менделеева.Изменение состояния во времени. Полное уравнение Шредингера. Вероятностная интерпретация временной волновой функции. Изменение во времени механических величин. Производные операторов по времени. Эволюция во времени средних значений операторов физических величин.	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
4 Атом водорода	Атом водорода Уравнение Шредингера для атома водорода. Сферически симметричное решение. Гамильтониан атома водорода с учетом углового момента. Спектры операторов проекции углового момента и квадрата углового момента. Пространственное квантование углового момента. Спектроскопическая классификация атомных уровней. Строение атома и периодическая таблица Менделеева	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
5 Спин, электрон в магнитном поле	Спин, электрон в магнитном поле Уравнение непрерывности в квантовой механике. Плот-ность тока и плотность потока вероятности. Магнитные момент атома водорода. Оператор проекции спина. Спиноры. Матрица Паули и ее свойства. Уравнение Паули. Электрон в магнитном поле. Системы тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
6 Теория возмущений	Стационарная теория возмущений. Теория квантовых переходов. Нестационарная теория возмущений. Золотое правило Ферми.	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
7 Системы многих частиц	Принцип неразличимости тождественных частиц, симмет-ричные и антисимметричные волновые функции и их связь со спином, принцип Паули. Приближенные методы исследования систем,	2	ОПК-2, ПК-3

Согласована на портале № 26317

	состоящих из многих частиц, поня-тие о квазичастицах. Теория атома гелия. Строение сложных атомов. Периодическая система элементов Менделеева.		
	Итого	2	
8 Элементы теории рассеяния	Общая теория упругого рассеяния. Амплитуда рассеяния и дифференциальное сечение рассеяния. Рассеяние в центральном поле. Парциальные амплитуды и фазы рассеяния. Борновское приближение.	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
9 Основные представления статистической физики	Основные постулаты статистической физики. Фазовое пространство и статистические функции распределения. Среднее по времени. Среднее по ансамблю. Статистическая независимость. Среднее значение магнитных моментов системы спинов. Флуктуации. Дисперсия магнитного момента системы спинов.	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
10 Распределение Гиббса	Две системы в тепловом контакте. Определение энтропии и температуры. Начало термодинамики. Две системы в диффузионном контакте. Химический потенциал. Большое распределение Гиббса. фактор Гиббса и большая статистическая сумма. Распределение Гиббса. Фактор Больцмана и статистическая сумма	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
11 Распределения Максвелла и Больцмана	Распределение Максвелла-Больцмана. Свойства распределения Максвелла. Эффузия и молекулярные пучки. Распределение Больцмана	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
12 Большое каноническое распределение	Функция распределения системы, ограниченной вообра-жаемыми стенками. Большой канонический формализм. Построение термодинамического формализма. Термодинамическая интерпретация распределений Гиббса.	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
13 Квантовые статистические распределения	Распределение Ферми-Дирака. Распределение Бозе-Эйнштейна.	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
14 Статистическая механика вырожденного ферми-газа	Плотность состояний для свободных частиц. Основное состояние Ферми-газа. Энергия Ферми. Полная энергия Ферми. Условия вырождения. Теплоемкость вырожден-ного Ферми-газа.	1	ОПК-2, ПК-3
	Итого	1	
15 Формула Планка	Тепловое среднее для числа фотонов. Средняя тепловая энергия электромагнитной моды.	1	ОПК-2, ПК-3

Согласована на портале № 26317

	Плотность фотонных мод. Закон излучения Планка и его основные следствия.		
	Итого	1	
Итого за семестр		20	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Предшествующие дисциплины															
1 Математика	+	+	+	+						+	+	+	+	+	
2 Методы математической физики	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+		+
3 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Последующие дисциплины															
1 Квантовая и оптическая электроника		+	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Практ. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-3	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
3 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			6	6

Согласована на портале № 26317

Решение ситуационных задач	2	2		4
Работа в команде	4	4		8
Итого за семестр:	6	6	6	18
Итого	6	6	6	18

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные представления квантовой механики	Внешний фотоэффект. Изучение закона Столетова и про-верка формулы Эйнштейна	4	ОПК-2, ПК-3
	Итого	4	
2 Элементы математического аппарата	Проверка соотношения неопределённостей для фотонов	4	ОПК-2, ПК-3
	Итого	4	
4 Атом водорода	Исследование спектра атома водорода	4	ОПК-2, ПК-3
	Итого	4	
13 Квантовые статистические распределения	Туннельный эффект в вырожденном p-n - переходе	4	ОПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные представления квантовой механики	Фотоэффект. Эффект Комптона. Волны де Бройля. Правило квантования Бора – Зоммерфельда. Атом Бора.	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
2 Элементы математического аппарата	Операторы. Средние значения физических величин. Коммутационные соотношения.	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
3 Уравнение Шредингера	Одномерные задачи на отыскание собственных чисел энергии и волновых функций. Скачок потенциала	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
7 Системы многих частиц	Отражение и преломление волн. Бесконечная потенциальная яма.	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
9 Основные представления статистической физики	Конечная потенциальная яма. Дискретный и непрерывный спектры значений энергии. Резонансы.	2	ОПК-2, ПК-3

Согласована на портале № 26317

	Итого	2	
13 Квантовые статистические распределения	Прохождение прямоугольного потенциального барьера. Коэффициент прозрачности потенциального барьера	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
14 Статистическая механика вырожденного ферми-газа	Определение значений энергии и волновых функций частицы в сферически симметричной потенциальной яме	2	ОПК-2, ПК-3
	Итого	2	
15 Формула Планка	Атом водорода и водородоподобные атомы. Излучение характеристических спектров атомными системами.	4	ОПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость,	формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Основные представления квантовой механики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-3	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	8		
2 Элементы математического аппарата	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-3	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	9		
3 Уравнение Шредингера	Подготовка к практическим занятиям,	2	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест

Согласована на портале № 26317

	семинарам			
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
4 Атом водорода	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	5		
5 Спин, электрон в магнитном поле	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	2		
6 Теория возмущений	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
7 Системы многих частиц	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
8 Элементы теории рассеяния	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
9 Основные представления статистической физики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-3	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	4		
10 Распределение Гиббса	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
11 Распределения Максвелла и Больцмана	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
12 Большое каноническое распределение	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
13 Квантовые	Подготовка к	2	ОПК-2,	Опрос на занятиях,

статистические распределения	практическим занятиям, семинарам		ПК-3	Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
14 Статистическая механика вырожденного ферми-газа	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
15 Формула Планка	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
Итого за семестр		54		
Итого		54		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Контрольная работа	6	10	12	28
Опрос на занятиях	14	14	14	42
Отчет по лабораторной работе	10	10	10	30
Итого максимум за период	30	34	36	100
Нарастающим итогом	30	64	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4

Согласована на портале № 26317

От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Введение в квантовую механику [Текст] : учебное пособие / А. Л. Магазинников, В. А. Мухачев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Факультет дистанционного обучения. - Томск : Эль Контент, 2012. - 112 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Мухачёв В. А. Атомная физика: учеб. пособие / В. А. Мухачёв. – Томск: ТМЦ ДО, 2007. – 116 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Основы теоретической физики : учебник для вузов: В 2 т. / И. В. Савельев. - СПб. : Лань, 2005 - Т. 2 : Квантовая механика. - СПб. : Лань, 2005. – 430 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие для вузов: В 10 т. – М. : Физматлит, 2004. – Т. 3 : Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. : Л. П. Питаевский. – 5-е изд., стереотип. – М. : Физматлит, 2004. – 800 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 41 экз.)

3. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике : полный курс общей физики: Пер. с англ. / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – 3-е изд., испр. – М. : УРСС, 2004. – Вып. 8, 9 : Квантовая механика. 523 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Магазинников А. Л. Введение в квантовую механику: учеб. пособие / А. Л. Магазинников, В. А. Мухачёв. – Томск: Эль Контент, 2012. – 112 с. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе на стр. 21, 32, 53, 59, 85, 92, 93. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Внешний фотоэффект. Изучение закона Столетова и проверка формулы Эйнштейна: Методические указания к лабораторной работе / Федоров М. В., Бурдовицин В. А. - 2009. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/851, дата обращения: 16.05.2018.

3. Исследование спектра атома водорода: Методические указания к лабораторной работе / Захаров Н. А., Кириллов А. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

Согласована на портале № 26317

http://edu.tusur.ru/publications/917, дата обращения: 16.05.2018.

4. Галанский В.Л. Проверка соотношения неопределённостей для фотонов: руководство к лабораторным работам для студентов всех специальностей / В. Л. Галанский, А. Л. Магазинников. – Томск: ТУСУР, 2005. - 9 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

5. Туннельный эффект в вырожденном p–n – переходе: Руководство к лабораторной работе / Федоров М. В., Лячин А. В. - 2009. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/852, дата обращения: 16.05.2018.

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

Согласована на портале № 26317

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд «Оптика» (2 шт.);
- Осциллограф С 1-93;
- Источник питания ТВ-1;
- Источник питания Б5-43;
- Генератор импульсов Г5-54 (3 шт.);
- Генератор импульсов Г5-56;
- Вольтметр В7-78/1;
- Мультиметр FLUKE 8845A;
- Осциллограф TEKTRONIX TDS 2012C;
- Источник питания Mastech HY 3002D-2;
- Лабораторные стенды: «Электрооптический эффект» (2 шт.), «Фазовый портрет»;
- Компьютер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice.

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

Согласована на портале № 26317

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Электрон в атоме водорода находится p-состоянии. Максимально возможное значение полного момента импульса электрона равно	$\frac{\hbar}{2}\sqrt{15}$;
	$\frac{\hbar}{2}\sqrt{3}$;
	$\frac{\hbar}{2}$.
	0
2. Гипотеза де Бройля выражается соотношениями	$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p}$;
	$\omega = \frac{E}{\hbar}$;
	$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$;
	$\omega = \frac{E_n - E_m}{\hbar}$.

3. В квантовой механике физическая величина характеризуется не числовым значением, а оператором. Оператор – это:	функция, которая осуществляет связь одних чисел с другими числами;
	правило, с помощью которого каждой функции из некоторого множества функций сопоставляется функция из того же или некоторого другого множества функций;
	числовое значение физической величины, которой ставится в соответствие данный оператор.
	правило, с помощью которого каждому числу из некоторого множества чисел сопоставляется некоторое число из того же или некоторого другого множества чисел;

Согласована на портале № 26317

4. Стационарное уравнение Шредингера для водородоподобного атома имеет вид	$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U\right)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$
	$\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{ze^2}{r}\right)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$

5. Собственными значениями энергии уравнения $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2}=E\Psi$ для свободно движущейся частицы, являются	$E=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2;$
	$E=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega;$
	$E=-\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2\frac{m_e z^2e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2};$
	$E=\frac{k^2\hbar^2}{2m}.$

6. Кратность вырождения энергетического уровня с квантовым числом n с учетом спина равна	$2n^2$
	n^2
	n
	$2n+1$

7. Утверждение: «в любом квантовом состоянии может находиться не более одного электрона» получило название	принципа неопределенности;
	принципа суперпозиции состояний;
	принципа Паули;
	комбинационного принципа Ритца;
	принципа минимума энергии.

8. Какое из приведенных ниже уравнений представляет временное уравнение Шредингера?	$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U\right)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$
	$\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-U\right)\Psi=0;$
	$\hat{H}\Psi=E\Psi;$
	$\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0.$

9. Оператор $\hat{A}$ называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций u и v	$\hat{A}\left(a_1u+a_2v\right)=a_1\hat{A}u+a_2\hat{A};$
	$\int v^*\hat{A}udV=\int u\hat{A}^*v^*dV;$
	$\int u_n^*v_m dV=0\ \left(m\neq n\right);$
	$\int u_n^*v_m dV=1\ \left(m=n\right).$

Согласована на портале № 26317

10. Собственные функции: $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{l}}\sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right)$ является решением уравнения	$\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$

11. Собственными значениями энергии уравнения $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0$ для частицы в потенциальной яме являются	$E=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2;$
	$E=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega;$
	$E=-\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2\frac{m_e z^2 e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2};$
	$E=\frac{k^2\hbar^2}{2m}.$

12. Максимальное число электронов в состоянии с $n=4$ равно	8
	18
	32
	50

13. Существование у атомов дискретных энергетических уровней было экспериментально установлено в опытах	Штерна и Герлаха;
	Франка и Герца;
	Резерфорда;
	Ленарда и Томсона.

14. Собственные функции $\psi(x,t)=A\exp\left(\frac{i}{\hbar}(px-Et)\right)$ являются решением уравнения	$\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$
	$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$

15. Решение какого из приведенных ниже уравнений Шредингера приводит к собственным значениям энергии $E_n=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega$?	$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U\right)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$
	$\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$
	$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$

Согласована на портале № 26317

16. Максимально возможная проекция момента импульса орбитального движения электрона, находящегося в атоме в *d*-состоянии, на направление внешнего магнитного поля равна	$\hbar$;
	$\hbar\sqrt{6}$;
	$2\hbar$.
	$3\hbar$

17. Длина волны де Бройля для заряженной частицы, ускоренной электрическим полем, определяется по формуле	$\frac{2\pi\hbar}{p}$;
	$\frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2mT}}$;
	$\frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2meU}}$;
	$\frac{2\pi\hbar}{mv}$.

18. Экспериментальные доказательства волновых свойств у микрочастиц были получены в опытах	Томсона и Тартаковского
	Франка и Герца
	Фабриканта, Бибермана, Сушкина
	Девиссона и Джермера

19. Среднее значение физической величины находится в квантовой механике по формуле	$< A >= \sum_{1}^{n} \lambda_n \lvert a_n \rvert^2$;
	$\hat{A}\Psi_n = \lambda_n \Psi_n$;
	$< \hat{A} >= \int \Psi^* \hat{A} \Psi dV$.
	$< A >= \sum_{1}^{n} A_n P_n$;

20. Собственными значениями энергии уравнения $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2} = E\Psi$ для свободно движущейся частицы, являются	$E = \frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2$;
	$E = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$;
	$E = -\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 \frac{m_e z^2 e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2}$;
	$E = \frac{k^2\hbar^2}{2m}$.

14.1.2. Темы контрольных работ

1. Возникновение квантовой механики. Движение в поле центральной силы Математический аппарат квантовой механики. Основные постулаты квантовой механики

2. Стационарное уравнение Шредингера. Временное уравнение Шредингера Туннельный эффект Гармонический осциллятор.

3. Теория квантовых переходов. Спин. Излучение атомными системами Молекулы.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Фотоэффект. Эффект Комптона. Волны де Бройля. Правило квантования Бора –

Согласована на портале № 26317

Зоммерфельда. Атом Бора.

Соотношение неопределенностей. Операторы. Средние значения физических величин. Коммутационные соотношения.

Одномерные задачи на отыскание собственных чисел энергии и волновых функций. Скачок потенциала

Отражение и прохождение волн. Бесконечная потенциальная яма.

Конечная потенциальная яма. Дискретный и непрерывный спектры значений энергии. Резонансы.

Прохождение прямоугольного потенциального барьера. Коэффициент прозрачности потенциального барьера

Определение значений энергии и волновых функций частицы в сферически симметричной потенциальной яме

Атом водорода и водородоподобные атомы. Излучение характеристических спектров атомными системами.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Внешний фотоэффект. Изучение закона Столетова и про-верка формулы Эйнштейна

Проверка соотношения неопределённостей для фотонов

Исследование спектра атома водорода

Туннельный эффект в вырожденном p-n - переходе

14.1.5. Зачёт

Корпускулярно-волновой дуализм света. Гипотеза де Бройля. Волновая функция де Бройля. Операторы и их свойства в квантовой механике. Физический смысл волновой функции. Постулаты квантовой механики. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в прямоугольной потенциальной яме с бесконечными стенками. Прохождение частицы через барьер. Туннельный эффект. Квантовый гармонический осциллятор. Электрон в атоме водорода. Квантовые числа. Собственный момент электрона. Магнитный собственный момент. Многоэлектронный атом. Таблица Менделеева. Понятие о теории представлений. Вектор состояния. Совектор состояния. Гильбертово пространство. Оператор в матричной форме.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Согласована на портале № 26317

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 26317