МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая механика

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	10	10	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 2016

Согласована на портале № 3976

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от « 1 » 7 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. ЭП	_____	Быков В. И.
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	_____	Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ	_____	Воронин А. И.
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	_____	Троян П. Е.

Эксперты:

председатель методической комиссии кафедры ЭП, профессор каф. ЭП	_____	Орликов Л. Н.
председатель методической комиссии ФЭТ, доцент каф. ФЭ	_____	Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 3976

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 следующие дисциплины: Математика, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Квантовая и оптическая электроника, Методы математической физики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

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

В результате изучения дисциплины студент 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 занятия	16	16
Из них в интерактивной форме	10	10
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Подготовка к контрольным работам	5	5
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16

Согласована на портале № 3976

Проработка лекционного материала	15	15
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость час	108	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Основные представления квантовой механики	1	2	4	8	15	ОПК-1, ОПК-2
2	Элементы математического аппарата	2	2	4	9	17	ОПК-1, ОПК-2
3	Уравнение Шредингера	2	2	0	3	7	ОПК-1, ОПК-2
4	Атом водорода	1	0	4	5	10	ОПК-1, ОПК-2
5	Спин, электрон в магнитном поле	1	0	0	2	3	ОПК-1, ОПК-2
6	Теория возмущений	1	0	0	1	2	ОПК-1, ОПК-2
7	Системы многих частиц	2	2	0	3	7	ОПК-1, ОПК-2
8	Элементы теории рассеяния	1	0	0	1	2	ОПК-1, ОПК-2
9	Основные представления статистической физики	2	2	0	4	8	ОПК-1, ОПК-2
10	Распределение Гиббса	1	0	0	1	2	ОПК-1, ОПК-2
11	Распределения Максвелла и Больцмана	1	0	0	1	2	ОПК-1
12	Большое каноническое распределение	2	0	0	1	3	ОПК-1, ОПК-2
13	Квантовые статистические распределения	1	2	4	7	14	ОПК-1, ОПК-2
14	Статистическая механика	1	2	0	3	6	ОПК-1,

Согласована на портале № 3976

	вырожденного ферми-газа						ОПК-2
15	Формула Планка	1	4	0	5	10	ОПК-1, ОПК-2
	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, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные представления квантовой механики	Дифракция микрочастиц. Волновая функция. Принцип неопределенности Гайзенберга. Волна де Бройля.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
2 Элементы математического аппарата	Свойства линейных операторов. Собственные 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.	2	ОПК-1, ОПК-2
	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-1, ОПК-2
	Итого	2	
4 Атом водорода	Атом водорода Уравнение Шредингера	1	ОПК-1,

Согласована на портале № 3976

	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		ОПК-2
	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-1, ОПК-2
	Итого	1	
6 Теория возмущений	Стационарная теория возмущений. Теория квантовых переходов. Нестационарная теория возмущений. Золотое правило Ферми.	1	ОПК-1, ОПК-2
	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, состоящих из многих частиц, поня-тие о квазичастицах. Теория атома гелия. Строение сложных атомов. Периодическая система элементов Менделеева.	2	ОПК-1, ОПК-2
	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-1, ОПК-2
	Итого	1	
9 Основные представления статистической физики	Основные постулаты статистической физики. Фазовое пространство и статистические функции распределения. Среднее по времени.	2	ОПК-1, ОПК-2

Согласована на портале № 3976

	Среднее по ансамблю. Статистическая независимость. Среднее значение магнитных моментов системы спинов. Флуктуации. Дисперсия магнитного момента системы спинов.		
	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-1, ОПК-2
	Итого	1	
11 Распределения Максвелла и Больцмана	Распределение Максвелла-Больцмана. Свойства распределения Максвелла. Эффузия и молекулярные пучки. Распределение Больцмана	1	ОПК-1
	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-1, ОПК-2
	Итого	2	
13 Квантовые статистические распределения	Распределение Ферми-Дирака. Распределение Бозе-Эйнштейна.	1	ОПК-1, ОПК-2
	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-1, ОПК-2
	Итого	1	
15 Формула Планка	Тепловое среднее для числа фотонов. Средняя тепловая энергия электромагнитной моды. Плотность фотонных мод. Закон излучения Планка и его основные следствия.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
Итого за семестр		20	

Согласована на портале № 3976

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 представ-лены 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	Физика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Последующие дисциплины																
1	Квантовая и оптическая электроника		+	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+
2	Методы математической физики	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+		+

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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		2	2

Согласована на портале № 3976

Решение ситуационных задач	4		4
Работа в команде	4		4
Итого	8	2	10

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

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

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные представления квантовой механики	Фотоэффект. Эффект Комптона. Волны де Бройля. Правило квантования Бора – Зоммерфельда. Атом Бора.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
2 Элементы математического аппарата	Операторы. Средние значения физических величин. Коммутационные соотношения.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
3 Уравнение Шредингера	Одномерные задачи на отыскание собственных чисел энергии и	2	ОПК-1, ОПК-2

Согласована на портале № 3976

	волновых функций. Скачок потенциала		
	Итого	2	
7 Системы многих частиц	Отражение и преломление волн. Бесконечная потенциальная яма.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
9 Основные представления статистической физики	Конечная потенциальная яма. Дискретный и непрерывный спектры значений энергии. Резонансы.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
13 Квантовые статистические распределения	Прохождение прямоугольного потенциального барьера. Коэффициент прозрачности потенциального барьера	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
14 Статистическая механика вырожденного ферми-газа	Определение значений энергии и волновых функций частицы в сферически симметричной потенциальной яме	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
15 Формула Планка	Атом водорода и водородоподобные атомы. Излучение характеристических спектров атомными системами.	4	ОПК-1, ОПК-2
	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 ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Основные представления квантовой механики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Контрольная работа
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	8		
2 Элементы математического	Подготовка к практическим занятиям,	2	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной

Согласована на портале № 3976

аппарата	семинарам			работе, Контрольная работа
	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, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
4 Атом водорода	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	5		
5 Спин, электрон в магнитном поле	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях, Контрольная работа
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	2		
6 Теория возмущений	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		
7 Системы многих частиц	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
8 Элементы теории рассеяния	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		
9 Основные представления статистической физики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях, Контрольная работа
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к	1		

Согласована на портале № 3976

	контрольным работам			
	Итого	4		
10 Распределение Гиббса	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		
11 Распределения Максвелла и Больцмана	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1	Опрос на занятиях
	Итого	1		
12 Большое каноническое распределение	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		
13 Квантовые статистические распределения	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	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-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
15 Формула Планка	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-1, ОПК-2	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
Итого за семестр		54		
Итого		54		

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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

Согласована на портале № 3976

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
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 - 42 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.)

Согласована на портале № 3976

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-методическое пособие и программное обеспечение

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 - 42 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, свободный.
3. Исследование спектра атома водорода: Методические указания к лабораторной работе / Захаров Н. А., Кириллов А. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/917, свободный.
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, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Библиотека университета
2. http://ru.wikipedia.org - Свободная энциклопедия «Википедия».
3. Поисковые системы Google, Yandex, Rambler и др.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

учебные лабораторные помещения;
аудитории с мультимедийным оборудованием;
демонстрационные материалы.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 3976

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Квантовая механика

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

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:

- доцент каф. ЭП Быков В. И.

Зачет: 3 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3976

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Должен знать основные понятия, законы и наиболее важные элементы математического аппарата квантовой механики и статистической физики; Должен уметь анализировать динамику электронов, атомов и других микрообъектов с использованием представлений и законов квантовой механики; исследовать свойства макроскопических систем методами равновесной статистической механики; Должен владеть основными математическими методами нерелятивистской квантовой механики и статистической физики;
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и

Согласована на портале № 3976

математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	представлять и анализировать адекватные современному уровню знаний физические принципы и естественнонаучную сущность проблем квантовой механики на основе знания критериев перехода от рассмотрения явлений на основе классической физики к квантовой; основные понятия, законы и уравнения квантовой механики и математики, а также статистической физики	выявлять адекватную современному уровню знаний квантово-механическую сущность явлений на основе анализа и основных положений и методов квантовой механики и математики; анализировать динамику движения электронов, атомов и микрообъектов уравнениями квантовой механики; исследовать свойства макроскопических систем методами равновесной статистической механики	соответствующим математическим аппаратом квантовой механики; представлять адекватную научную картину квантово-механических явлений мира на основе основных положений математики и квантовой механики, законов; владеть опытом решений простейших задач квантовой механики и статистической физики
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• основные понятия квантовой механики; воспроизводит теоретический материал без	• отлично ориентироваться в теоретическом материале без использования учебного	• самостоятельно определяет цели и задачи эксперимента исходя из теоретических

Согласована на портале № 3976

	использования учебного пособия; свободно излагает материал в устной форме; анализирует и воспроизводит взаимосвязь химических понятий и законов ;	пособия; свободно умеет применять полученные знания для решения творческих практических задач и интерпретации результатов эксперимента ; ;	предпосылок; ;
Хорошо (базовый уровень)	• основные понятия квантовой механики; воспроизводит теоретический материал с использованием теоретических знаний или учебного пособия; частично излагает материал в устной форме; ;	• ориентироваться в теоретическом материале без учебного пособия или с использованием учебного пособия; применять теоретические знания для решения стандартных практических задач и интерпретации результатов эксперимента ;	• определяет цели и задачи эксперимента исходя из теоретических предпосылок с помощью преподавателя; ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные понятия квантовой механики; воспроизводит теоретический материал с использованием учебного пособия. ;	• ориентироваться в теоретическом материале с использованием учебного пособия; применяет теоретические знания для решения базовых практических задач и интерпретации и результатов эксперимента с помощью преподавателя; ;	• определяет цели и задачи эксперимента, исходя из теоретических предпосылок, с помощью плана работы и преподавателя ; ;

2.2 Компетенция ОПК-2

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физические принципы и естественнонаучную сущность проблем квантовой механики; критерии перехода рассмотрения явлений от	выявлять квантово-механическую сущность проблем; анализировать квантово-механические явления, описывать явления уравнениями	соответствующим математическим аппаратом квантовой механики; опытом решений простейших задач квантовой

Согласована на портале № 3976

	классической физики к квантовой; основные уравнения квантовой механики.	квантовой механики	механики.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• физические принципы и естественнонаучную сущность проблем квантовой механики; критерии перехода рассмотрения явлений от классической физики к квантовой; основные уравнения квантовой механики.;	• выявлять квантово-механическую сущность проблем; анализировать квантово-механические явления, описывать явления уравнениями квантовой механики;	• соответствующим математическим аппаратом квантовой механики; опытом решений нестандартных и типовых задач квантовой механики.;
Хорошо (базовый уровень)	• физические принципы квантовой механики; критерии перехода рассмотрения явлений от классической физики к квантовой; основные уравнения квантовой механики.;	• анализировать квантово-механические явления, описывать явления уравнениями квантовой механики;	• использует соответствующий математический аппарат квантовой механики; обладает опытом решений типовых задач квантовой механики.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные уравнения квантовой механики.;	• описывать явления уравнениями квантовой механики;	• обладает опытом решений простейших задач квантовой механики.;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные

Согласована на портале № 3976

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

3.1 Темы опросов на занятиях

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

3.2 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.

3.3 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

3.4 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.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. 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 - 42 экз.)

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

4.2. 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.)

Согласована на портале № 3976

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.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

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 - 42 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, свободный.

3. Исследование спектра атома водорода: Методические указания к лабораторной работе / Захаров Н. А., Кириллов А. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/917, свободный.

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, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Библиотека университета
2. http://ru.wikipedia.org - Свободная энциклопедия «Википедия».
3. Поисковые системы Google, Yandex, Rambler и др.

Согласована на портале № 3976