

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПОДИСЦИПЛИНЕ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**КВАНТОВЫЕ ЗАКОНЫ АТОМНОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки/ специальность	<b>14.03.02 Ядерные физика и технологии</b>		
Образовательная программа (направленность (профиль))	<b>«Ядерные реакторы и энергетические установки», «Безопасность и нераспространение ядерных материалов», «Радиационная безопасность человека и окружающей среды», «Физика кинетических явлений», «Пучковые и плазменные технологии»</b>		
Специализация			
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.Г. Горюнов
		П.Н. Бычков
		Ю.М. Черепенников

2020 г.

## 1. Роль дисциплины «Квантовые законы атомной физики» в формировании компетенций выпускника:

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
<b>Квантовые законы атомной физики</b>	5	<b>ОПК(У)-1</b>	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<b>И.ОПК(У)-1.3.</b>	Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, основ оптики, квантовой механики и атомной физики в инженерной деятельности	ОПК(У)-1.3В6	Владеет опытом расчета параметров оптического излучения через инверсную среду с учетом потерь энергии
						ОПК(У)-1.3У6	Умеет правильно применять основные законы квантовой механики при решении физических задач
						ОПК(У)-1.3Б6	Знает особенности применения законов атомной физики в науке, промышленности и медицине
		ПК(У)-3	готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу полученных экспериментальных данных	И.ПК(У)-3.1	Проводит эксперименты по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов	ПК(У)-3.1В3	Владеет опытом оценки достоверности результатов, полученных экспериментально данных, обрабатывать результаты экспериментов
						ПК(У)-3.1У3	Умеет самостоятельно анализировать физические процессы, происходящие при различных способах возбуждения атомов исследуемой среды
						ПК(У)-3.1Б3	Знает законы периодической системы элементов, уравнение Шредингера для стационарных состояний, законов движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, специальной теории относительности
						ПК(У)-3.1В4	Владеет опытом расчёта туннельного эффекта микрочастиц основываясь на положениях квантовой механики
						ПК(У)-3.1У4	Умеет вычислять энергии переходов электрона в атоме
						ПК(У)-3.1Б4	Знает тонкое и сверхтонкое расщепления уровней электронов в атоме, постулаты Бора, квантование орбит электронов в атом, основные постулаты квантовой механики

## 2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД 1	Способность анализировать линейчатые спектры излучения и поглощения атомов.	И.ОПК(У)-1.3. И.ПК(У)-3.1	<b>Раздел 1.</b> Явления с проявлением атомистической природы вещества и первые модели атома	Контрольная работа, решение задач на практике
РД 2	Выполнять расчеты траекторий движения частиц в центральном поле. Понимать угол рассеяния и дифференциальное сечение в статистической теории рассеяния. Применять знания о туннельном эффекте микрочастиц, вычислять его с потенциалом прямоугольной формы и с произвольным потенциалом. Выполнять расчёты в электрической модели атома Томсона.	И.ОПК(У)-1.3. И.ПК(У)-3.1	<b>Раздел 2.</b> Законы электромагнитного излучения веществ и законы Кирхгофа  <b>Раздел 3.</b> Статистическая теория рассеяния	Контрольная работа, защита отчёта, решение задач на практике
РД 3	Применять знания математического аппарата для описания процессов рассеяния, теории Бора-Зоммерфельда, в расчетах релятивистской и квантовой механики.	И.ПК(У)-3.1	Раздел 4. Полуквантовая теория Бора для атома водорода и формализм Бора – Зоммерфельда <b>Раздел 5.</b> Релятивистская механика. Связь массы и энергии (формула Эйнштейна) <b>Раздел 7.</b> Квантовая механика и ее основные постулаты и законы	Контрольная работа, защита отчёта, решение задач на практике
РД 4	Знать устройство и принцип работы ускорителей и лазеров.	И.ОПК(У)-1.3.	<b>Раздел 6.</b> Ускорители заряженных частиц и лазеры	Контрольная работа, решение задач на практике

### 3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

#### Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

#### Шкала для оценочных мероприятий экзамена

% выполнения заданий экзамена	Экзамен, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	14 ÷ 17	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	11 ÷ 13	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

#### 4. Перечень типовых заданий

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
1.	Контрольная работа	<p>Примеры вопросов для контрольной работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определяют ли оператор физической величины и волновая функция квантовой системы, измеряемые величины в квантовой механике? Если да, то как.</li> <li>2. Какие физические величины в квантовой механике могут быть измерены точно? Каковы дисперсии таких величин?</li> <li>3. Могут ли, результаты измерения физических величин быть предсказанными заранее в квантовой механике? Ответ обосновать.</li> <li>4. Условия точного одновременного измерения двух разных физических величин в квантовой механике. ПРИМЕРЫ.</li> <li>5. Что такое квантовая суперпозиция (на примере двух состояний) и как она интерпретируется?</li> <li>6. Привести формулу Релея-Джинса для спектральной излучательной способности <math>u_T(\nu)</math>. Нарисовать график зависимости <math>u_T(\nu)</math>. Дать пояснения.</li> <li>7. Привести формулу Вина для <math>u_T(\nu)</math> в случае больших частот и нарисовать график зависимости <math>u_T(\nu)</math> в этой области для разных температур.</li> <li>8. Записать закон смещения Вина и объяснить его физический смысл.</li> <li>9. Запишите формулу Планка для спектральной испускательной способности <math>u_T(\nu)</math>. Изобразить график этой функции во всем интервале частот.</li> <li>10. Получить из формулы Планка: а) формулу Релея Джинса; б) формулу Вина.</li> </ol>
2.	Защита лабораторной работы	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устройство рентгеновской трубки.</li> <li>2. Характеристики рентгеновской трубки.</li> <li>3. Правила работы с рентгеновской трубкой.</li> <li>4. Спектр излучения рентгеновской трубки</li> <li>5. ХРИ.</li> <li>6. Монохроматизация рентгеновского излучения</li> <li>7. Края поглощения.</li> <li>8. Использование монохроматизации излучения в медицине.</li> <li>9. Свойства лазерного излучения.</li> <li>10. Основные элементы лазера.</li> <li>11. Принцип работы лазера.</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		12. Типы лазеров. 13. Области применения лазерного излучения. 14. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах
3.	Практические занятия	Примеры решаемых задач: 1. Показать, что в модели атома Томсона электрон, выведенный из состояния равновесия, совершает гармонические колебания. Найти частоту этих колебаний $\omega_0$ . 2. Используя классическую электродинамику, оценить время падения электрона на ядро с зарядом $Ze$ . Считать, что в начальный момент времени электрон находится на круговой орбите радиуса $r = \frac{a_0 n^2}{Z}$ , где $a_0$ -боровский радиус. 3. В модели Томсона атом можно считать гармоническим осциллятором с частотой $\omega_0$ . Определить частоты его излучения во внешнем магнитном поле с напряженностью $H$ (эффект Зеемана). 4. Опираясь на планетарную модель атома и принцип соответствия Бора, показать, что для водородоподобного иона с зарядом ядра $Ze$ момент импульса $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{p} = (0, 0, M)$ кратен постоянной Планка $M_z \equiv M = m_e v r = n\hbar$ , а энергии уровней равны $E_n = -Z^2 R_y / n^2$ , где $R_y$ - постоянная Ридберга. 5. Найти динамические параметры всех круговых орбит в атоме водорода: радиусы, скорости, энергии, частоты и периоды обращения, релятивистский параметр $\beta = \frac{v}{c}$ . Массу ядра считать бесконечно большой. 6. Вычислить напряженность поля на первой боровской орбите в атоме водорода. 7. Записать квантовое условие Бора $M_z \equiv M = m_e v r = n\hbar$ через длину волны Де-Бройля, то есть объяснить связь квантования момента с волновыми свойствами электрона. 8. Записать условия квантования Бора-Зоммерфельда для момента импульса $M$ -через обобщенные координаты и импульсы, а также для круговых орбит. 9. Найти число фотонов с частотой от $\nu = 5,15 \cdot 10^{14}$ Гц до $\nu = 5,20 \cdot 10^{14}$ Гц (видимая область, желтый свет), содержащихся в области объема $V = 1 \text{ м}^3$ при температуре $T = 6000 \text{ К}$ . Чему равна энергия излучения, приходящаяся на эти фотоны? 10. Точка плавления вольфрама лежит при температуре $3300^\circ \text{С}$ . Вычислить максимум спектрального распределения энергии при этой температуре, как по шкале длин волн, так и по шкале частот.
4	Экзамен	Вопросы на экзамен: 1. Что изучает атомная физика?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Постулаты и теория Бора?</li> <li>3. Описывают ли постулаты Бора атом гелия?</li> <li>4. В чём заключается принцип Паули?</li> <li>5. В чём причина тонкого расщепления уровней атомов?</li> <li>6. основополагающие эксперименты в атомной физике (назвать)?</li> <li>7. В чём заключается эксперимент Герлаха?</li> <li>8. Сколько переходов насчитывается у натрия в магнитном поле (жёлтая линия)?</li> <li>9. Записать уравнение Шрёдингера для одной частицы в потенциальном поле.</li> <li>10. Записать уравнение Шрёдингера для стационарных состояний.</li> <li>11. Ион какого элемента необходим в рубиновом лазере?</li> <li>12. Можно ли наблюдать туннельный эффект для бозона Хиггса?</li> <li>13. Что такое сверхтонкое расщепление уровней в атомах?</li> <li>14. Определяют ли оператор физической величины и волновая функция квантовой системы, измеряемые величины в квантовой механике? Если да, то как.</li> <li>15. Какие физические величины в квантовой механике могут быть измерены точно? Каковы дисперсии таких величин?</li> <li>16. Могут ли, результаты измерения физических величин быть предсказанными заранее в квантовой механике? Ответ обосновать.</li> <li>17. Условия точного одновременного измерения двух разных физических величин в квантовой механике. ПРИМЕРЫ.</li> <li>18. Что такое квантовая суперпозиция (на примере двух состояний) и как она интерпретируется?</li> <li>19. Привести формулу Релея-Джинса для спектральной излучательной способности <math>u_T(\nu)</math>. Нарисовать график зависимости <math>u_T(\nu)</math>. Дать пояснения.</li> <li>20. Привести формулу Вина для <math>u_T(\nu)</math> в случае больших частот и нарисовать график зависимости <math>u_T(\nu)</math> в этой области для разных температур.</li> </ol>
5	Курсовой проект	<p>Темы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Движение частицы в потенциальной яме и ее туннелирование сквозь потенциальный барьер.</li> </ol>

## 5. Методические указания по процедуре оценивания

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Контрольная работа	В течение 0,5 аудиторных часов необходимо ответить на 4 теоретических вопроса.
2.	Защита лабораторной работы	Защита лабораторной работы проходит в рамках собеседования по полученным результатам
3.	Практики	На практиках решаются задачи. Каждая решенная задача оценивается в 0,5 балла.
4.	Защита курсового проекта	Производится в форме проверки письменного отчета с последующим ответом на вопросы в течение 5 мин.
5.	Экзамен	В течение 1 аудиторного часа необходимо сформулировать ответы на 5 теоретических вопросов и решить одну задачу.