

**Учреждение высшего образования  
«Международный государственный экологический университет имени  
А.Д.Сахарова»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-  
воспитательной и идеологической  
работе

МГЭУ имени А.Д.Сахарова

В.И. Красовский

Регистрационный № УД- 516-15/уч.

**ФИЗИКА. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дис-  
циплине для специальности:**

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-100 01 01-2013 и учебного плана учреждения высшего образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова» по специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность»

**СОСТАВИТЕЛИ:**

А.А. Луцевич, доцент кафедры физики и высшей математики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат педагогических наук, доцент.

О.М. Бояркин, профессор кафедры физики Учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка», доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Н.Н. Тушин, зав. кафедрой ядерной и радиационной безопасности Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат технических наук, доцент.

В.В. Махнач, доцент кафедры общей физики института информационных технологий при БГУИР, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики и высшей математики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова»

(протокол № 10 от 25.05.15);

Научно-методическим советом Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова»

(протокол № 10 от 16.06.2015)

*Х. Хлеф*

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Физика. Квантовая физика» специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность» обеспечивает базовую подготовку по квантовой физике и основам квантовой механики будущих инженеров, необходимую им для решения теоретических и практических задач в области ядерной и радиационной безопасности.

По окончании изучения дисциплины будущие специалисты должны усвоить основные понятия и представления квантовой механики и подготовиться к их использованию для решения важнейших прикладных задач, возникающих при описании источников ионизирующего излучения, в том числе, ядерных реакторов, взаимодействии ионизирующего излучения с веществом, химических процессов, возникающих под действием ионизирующего излучения и использовании их в различных методах регистрации ионизирующего излучения и измерения его характеристик.

Цели и задачи учебной дисциплины:

- систематически и полно изложить студенту основные принципы и законы физики микромира и макрокосмоса;
- ознакомить студентов с математическим аппаратом нерелятивистской квантовой механики;
- дать представление о подходах, используемых в релятивистской квантовой теории к описанию частиц и коллективных явлений в веществе;
- научить студента количественно формулировать и решать задачи, описывающие квантовые явления;
- способствовать развитию научного мировоззрения.

В результате усвоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные принципы и положения физики микромира и макрокосмоса;
- методы описания чистых и смешанных состояний в квантовой теории;
- точные решения уравнения Шредингера для простейших квантовых систем;
- основные методы приближенных решений типовых квантово-механических задач;
- основные модели, применяемые в квантовой физике для решения важнейших прикладных задач;
- структуру, тенденции развития и использования достижений совре-

менной физики микромира.

**уметь:**

- вычислять коммутаторы операторов важнейших физических величин, находить собственные функции и собственные значения этих операторов в простейших случаях;
- решать уравнение Шредингера в простейших случаях одномерных задач и при движении частицы в центрально-симметричном потенциальном поле;
- применять соотношения неопределенностей физических величин, решения задач на собственные значения и собственные функции операторов этих величин, решения других типовых задач квантовой механики к оценке параметров, описывающих поведение более сложных квантовых систем;
- вычислять величины поперечных сечений взаимодействия и вероятности распадов элементарных частиц.

Учебный материал изучается на третьем курсе. Программа рассчитана на 108 аудиторных часов, в том числе на лекции отводится 72 часа, на практические занятия 36 часов.

Контроль знаний в семестре предполагает проведение двух контрольных работ. На практических занятиях следует обратить внимание на решение задач с прикладным содержанием из физики ядра и ионизирующего излучения, радиационного материаловедения и других разделов физики и техники, имеющих важное значение для физики ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения, а также для его регистрации и измерения его характеристик.

## 2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Лекции	Практические (семинарские) занятия	Всего
1	Введение.	2		2
2	Математический аппарат нерелятивистской квантовой механики	16	12	28
3	Точно решаемые задачи нерелятивистской квантовой механики	6	4	10
4	Приближенные методы квантовой теории	14	8	22
5	Упругое рассеяние частиц	4	2	6
6	Релятивистская теория частиц со спином 0 и 1/2	10	4	14
7	Основы теории многих частиц	2		2
8	Физика элементарных частиц	14	6	20
9	Стандартная космологическая модель	4		4
	<b>Всего:</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>108</b>

### **3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

#### **Тема 1. Введение**

Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым представлениям. Корпускулярно – волновой дуализм. Волновая функция и ее вероятностная интерпретация. Стандартные требования к волновой функции.

#### **Тема 2. Математический аппарат нерелятивистской квантовой механики**

Линейные и эрмитовские операторы. Собственные значения и собственные функции операторов. Нормировка собственных функций линейных эрмитовских операторов в случае дискретного и непрерывного спектров собственных значений. Аксиомы квантовой механики. Понятие измерения в квантовой механике. Условие одновременной и точной измеримости физических величин. Физический смысл волновой функции в L-представлении. Понятие о полном наборе наблюдаемых. Средние значения физических величин. Соотношения неопределенностей для физических величин, операторы которых не коммутируют. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

Нестационарные и стационарные уравнения Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение непрерывности в нерелятивистской квантовой механике. Производная от оператора по времени. Квантовые скобки Пуассона. Законы сохранения физических величин в квантовой механике. Принцип соответствия. Теоремы Эренфеста.

#### **Тема 3. Точно решаемые задачи нерелятивистской квантовой механики**

Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Одномерный линейный гармонический осциллятор. Водородоподобный атом. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Радиальная часть волновой функции. Квантование энергии. Вырождение. Угловая часть волновой функции.

#### **Тема 4. Приближенные методы квантовой теории**

Квазиклассическое приближение. Правило квантования Бора - Зоммерфельда. Туннельный эффект. Теория альфа - распада. Теория возмущений, не зависящих от времени в отсутствие и при наличии вырождения. Эффект Зеемана. Линейный эффект Штарка.

Нестационарная теория возмущений. Спонтанные переходы. Метод коэффициентов Эйнштейна

#### **Тема 5. Упругое рассеяние частиц**

Дифференциальное и поперечное сечения рассеяния. Первое борновское приближение. Формула Резерфорда.

## **Тема 6. Релятивистская теория частиц со спином 0 и 1/2**

Уравнение Клейна-Гордона-Фока. Уравнение непрерывности для частиц со спином 0. Лагранжев формализм в теории Клейна-Гордона-Фока. Уравнение Дирака. Матрицы Дирака и их свойства. Уравнение непрерывности в теории Дирака. Релятивистская инвариантность уравнения Дирака. Решение уравнения Дирака для свободных частиц. Лагранжев формализм в теории Дирака. Переход от уравнения Дирака к уравнению Паули.

## **Тема 7. Основы теории многих частиц**

Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Волновые функции для системы фермионов и бозонов. Принцип Паули. Обменное взаимодействие. Атом гелия. Периодическая система элементов Менделеева.

## **Тема 8. Физика элементарных частиц**

Атомарная теория вещества. Ядерная модель атома. Протон-нейтронная модель ядра.

Классификация элементарных частиц. Внутренние квантовые числа. Кварковая структура адронов.

Сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное взаимодействия. Теория великого объединения. Пути создания единой теории поля.

Построение квантовой электродинамики на основе принципа локальной калибровочной инвариантности. Спонтанное нарушение симметрии относительно локальных калибровочных преобразований группы  $U(1)$  для заряженного скалярного поля. Механизм Хиггса. Модель электрослабых взаимодействий Вайнберга-Салама-Глэшоу. Открытие бозона Хиггса.

Квантовая хромодинамика. Асимптотическая свобода и конфайнмент. Стандартная модель сильных и электрослабых взаимодействий.

Лептонные и адронные коллайдеры. Нейтринные телескопы и антинейтринные детекторы.

## **Тема 9. Стандартная космологическая модель**

Уравнения тяготения Эйнштейна. Космологический член. Барионная и небарионная холодная темная материя. Открытие космического вакуума и его свойства.

Теория Большого взрыва. Начальная сингулярность. Стадия инфляции. Кварк-глюонная плазма. Взрывы сверхновых. Роль космического вакуума. Дальнейшая судьба Вселенной.

Закон Хаббла. Открытие реликтового фотонного излучения. Наблюдение реликтовых гравитационных волн.

Планковское время и планковская длина. Кротовые норы. Параллельные вселенные. Антропный принцип. Тонкая настройка значений физических констант на примерах атома водорода, дейтрона, стабильная фаза существования звезд. Проблема космологического совпадения.

#### 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

При этом не ставится цель охватить все стороны предмета или заменить другие формы работы. Подбор заданий для самостоятельной работы направлен на формирование базовых предметных компетенций путем применения теоретических знаний в конкретных ситуациях, а также на развитие активности и самостоятельности студентов.

Качество самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего промежуточного и итогового контроля в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам дисциплины (модулям).

Темы самостоятельных работ:

1. Решение с помощью ЭВМ задачи о частице, находящейся в потенциальной яме конечной глубины.
2. Решение уравнения Шредингера для полупроницаемой перегородки в виде  $\delta$ -образного потенциального барьера.
3. Рассеяние на симметричном потенциальном барьере.
4. Решение уравнения Шредингера для дираковской потенциальной гребенки.
5. Атом водорода в теории Дирака.
6. Применение метода ВКБ к радиальному уравнению.
7. Проблема Кеплера в приближении ВКБ.

С целью диагностики знаний, умений и навыков студентов по данной дисциплине рекомендуется использовать:

1. контрольные работы;
2. самостоятельные работы;
3. тесты;
4. коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
5. устный опрос в ходе практических занятий;
6. проверку конспектов лекций студентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

### *Основная литература:*

1. Борисоглебский Л.А. Квантовая механика. Мн.: Университетское, 1981, 465 с.
2. Елютин П.В., Кривченков В.Д. Квантовая механика с задачами. М.: Физматлит, 2001. 302 с.
3. Теоретическая физика. Т. 3. /Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Физматлит, 2008. 800 с.
4. Теоретическая физика. Т. 4./Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. М.: Физматлит, 2006. 720 с.
5. Бояркин, О.М. Физика частиц 2013. Т.1: От электрона до бозона Хиггса. Квантовая теория свободных полей/ О.М. Бояркин, Г.Г. Бояркина. - М.: Издательство "Книжный дом", 2013. 291 с.
6. Бояркин, О.М. Физика частиц 2013. Т.2: Квантовая электродинамика и стандартная модель/ О.М. Бояркин, Г.Г. Бояркина. - М.: Издательство "Книжный дом", 2013. 436 с.
7. Грин, Б. Элегантная вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории/ Б. Грин. - М.: Издательство "Книжный дом", 2007. 288 с.
8. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. М.: Лаборатория базовых знаний, 2006. 216 с.

### *Дополнительные учебно-методические материалы:*

9. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения. М.: Мир, 1990.
- 10.Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. М.: Бином, 2007. 256 с.
- 11.Борн М. Атомная физика. М.: Мир, 1965.
- 12.Фейнман Р. Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1976. Тт. 3,8,9.
- 13.Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Наука, 1976.
- 14.Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Наука, 1973.
- 15.Вихман Э. Берклевский курс физики. Т. 4. Квантовая физика. М.: Наука, 1978.
- 16.Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. М.: Наука, 1979.
- 17.Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. Б-ка «Квант». Вып. 66. М.: Наука, 1988.
- 18.Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: МГУ, Изд-во Моск. ун-та, 2001.

