

Учреждение образования
«Международный государственный экологический университет
им. А.Д. Сахарова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-воспитательной и
идеологической работе

М. В. Сахарова А.Д. Сахарова

Красовский В.И.

29.06. 2015 г.

Регистрационный № УД-502-15/уч.



ФИЗИКА АТОМА И АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 05 Медицинская физика

2015г.

K. Sled

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 05-2013 и учебного плана учреждения высшего образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» по специальности 1-31 04 05 «Медицинская физика»

СОСТАВИТЕЛИ:

В.Ф. Малишевский, заведующий кафедрой физики и высшей математики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат физико-математических наук, доцент.

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

Н.В. Пушкарев, доцент кафедры физики и высшей математики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.А. Иванюкович, заведующий кафедрой экологических информационных систем учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова» кандидат физико-математических наук, доцент.

А.К. Сойка, профессор кафедры физики Учреждения образования «Военная академия РБ», доктор физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

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

(протокол № 11 от 25.05.2015);

Научно-методическим советом Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова»
(протокол № 10 от 16.06.2015)

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Физика атома и атомных явлений», являясь частью курса общей физики, тесно связана с остальными ее разделами. Основная цель дисциплины – формирование базовых знаний по физике микроскопических явлений на атомно-молекулярном уровне и умения применять их для решения практических задач.

Для достижения этой цели проводится:

- анализ развития атомистических и становления квантовых представлений;
- изучение важнейших экспериментальных фактов атомной физики и их взаимосвязи;
- выявление специфики микроявлений и несостоятельности классической теории для их объяснения;
- изучение основ квантовой механики и методов решения квантовомеханических задач;
- систематическое изучение и объяснение на основе квантовой теории строения и свойств атомов и молекул, их поведения во внешних полях и во взаимодействии друг с другом.
- ознакомление с проявлением квантовых закономерностей в процессах, происходящих в организме человека.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основы истории развития физики микроявлений (эксперимента и теории);
- основные положения и принципы квантовой механики;
- методы квантово-механического описания атомов, молекул и кристаллов;
- физическое обоснование периодической системы элементов;
- особенности теплового излучения человека;
- основные проявления квантовых закономерностей в процессах, происходящих в организме человека;
- применение резонансных явлений в медицине;

уметь:

- применять теорию Бора для оценки основных параметров атомов;
- применять квантово-механический подход для объяснения атомно-молекулярных явлений и расчета характеристик атомов, молекул и кристаллов;
- связывать характеристики атомов и молекул с их оптическими и рентгеновскими спектрами;

владеть:

- терминологией физики микроявлений;
- навыками проведения экспериментальных исследований атомно-молекулярных явлений;
- математическими методами решения задач атомной физики.

Рекомендуемая отчетность: 1 экзамен, 1 зачет

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Основные этапы развития атомной и квантовой физики. Связь атомной физики с другими дисциплинами. Атомизм вещества и электричества. Ядерная модель атома. Масштабы расстояний, времен и энергий для атомно-молекулярных и ядерных процессов. Специфика законов микромира. Принцип соответствия. Атомная физика как физика квантовых явлений на атомно-молекулярном уровне.

Развитие квантовых представлений

Квантовая гипотеза Планка. Кванты света. Квантовые закономерности фотоэффекта и тормозного рентгеновского излучения. Эффект Комптона. Сдвиг частот в результате отдачи в процессе излучения. Корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения.

Общие спектральные закономерности. Формула Бальмера, комбинационный принцип. Ядерная модель атома Резерфорда. Формула Резерфорда. Несостоятельность классической физики для объяснения свойств атома. Постулаты Бора о стационарных состояниях и частотах излучения при квантовых переходах. Уровни энергии и оптические спектры. Упругие и неупругие столкновения. Опыт Франка и Герца. Модели атома по Бору и по Бору–Зоммерфельду. Изотопический сдвиг уровней.

Корпускулярно-волновой дуализм вещества. Волны де Бройля. Эксперименты по дифракции микрочастиц (электронов, нейтронов, атомов, молекул). Роль измерения. Принцип дополнительности.

Основные положения квантовой механики

Состояние квантовой системы и волновая функция. Вероятностная интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции. Соответствие между физическими величинами и операторами. Физический смысл собственных функций и собственных значений. Операторы координаты, импульса и энергии. Временное уравнение Шредингера. Нестационарные и стационарные состояния. Уравнение Шредингера для стационарных состояний и квантование энергии.

Средние значения физических величин. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Законы сохранения в квантовой механике.

Одномерные задачи квантовой механики. Скачок потенциала, прямоугольная потенциальная яма. Эффект Рамзауэра. Линейный гармонический осциллятор. Учет ангармоничности. Влияние вида потенциальной кривой на расположение уровней энергии. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект и его проявления. Периодический потенциал.

Механический и магнитный моменты атомных систем

Оператор момента импульса. Квантование проекций и квадрата момента импульса. Классификация состояний по моменту импульса. Векторная модель сложения моментов импульса.

Магнитный момент атомной системы, гиромагнитное отношение. Магнетон Бора. Прецессия моментов во внешнем магнитном поле. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона и других микрочастиц. Полный момент атомной системы. Множитель Ланде. Спин-орбитальное взаимодействие.

Магнитный резонанс и методы его наблюдения (метод пучков Раби, ЭПР и ЯМР). Магнитно-резонансные измерения g -фактора. Понятие о магнитной томографии.

Излучение атомных систем

Осцилляторы электромагнитного поля и фотоны. Одно- и многофотонные процессы. Спонтанные и вынужденные излучательные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Равновесное излучение. Формула Планка.

Интенсивности спектральных линий. Правила отбора и их связь с законами сохранения момента импульса и четности.

Время жизни возбужденных состояний. Естественная ширина уровня энергии и спектральной линии. Уширение линий из-за эффекта Доплера и столкновений.

Строение и свойства атомов

Атом водорода и водородоподобные системы. Квантовые числа для электрона в атоме. Уровни энергии и волновые функции. Распределение электронной плотности. Специфическое кулоновское вырождение. Тонкая структура уровней энергии и спектральных линий атома водорода. Формула Дирака. Лэмбовский сдвиг. Сверхтонкая структура.

Многоэлектронные атомы. Неразличимость одинаковых микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Учет взаимодействия электронов. Одноэлектронное приближение. Самосогласованное поле. Эффективная потенциальная энергия. Экранирование. Атомные орбитали, оболочки и слои. Общий характер зависимости энергии связи электрона в сложном атоме от квантовых чисел n и l . Состояние атома в целом. Электронная конфигурация. Последовательность заполнения электронных оболочек и слоев. Векторная модель атома, типы связи. Уровни энергии и спектр атома гелия. Роль обменного взаимодействия. Правила Хунда. Периодическая система элементов Менделеева.

Уровни энергии и спектры атомов щелочных металлов. Рентгеновские уровни энергии и характеристические спектры. Закон Мозли. Эффект Оже. Поглощение рентгеновских лучей.

Отрицательные ионы. Сродство к электрону.

Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана в слабых и сильных полях.
Атом в электрическом поле. Поляризуемость атома. Эффект Штарка.

Строение и свойства молекул

Виды движений в молекуле. Адиабатическое приближение. Порядки величин электронной, колебательной и вращательной энергий. Квантовая природа химической связи в молекулах. Ионная и ковалентная связь.

Колебания и вращения двухатомных молекул. Вращательные, колебательные и электронные спектры молекул. Комбинационное рассеяние.

Квантовые свойства твердых тел и наноструктур

Кристаллическая структура. Типы связей в кристаллах. Колебания решетки. Фононы. Основные представления зонной теории. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.

Квантово-размерные эффекты. 1-*D*, 2-*D* и 3-*D* квантовые системы. Электрофизические и оптические свойства наноструктур и возможности их использования в современных технологиях.

3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Введение.	2				метод. пособие	
2.	Развитие квантовых представлений	10	6	8		метод. пособие	сам. раб.
3..	Основные положения квантовой механики.	10	6	8		метод. пособие	сам. раб.
4.	Механический и магнитный моменты атомных систем	6	4	4		метод. пособие	сам. раб.
5.	Излучение атомных систем	4	2	12		метод. пособие	сам. раб.
6.	Строение и свойства атомов	10	6	12		метод. пособие	сам. раб.
7.	Строение и свойства молекул	4	2	8		метод. пособие	сам. раб.
8.	Квантовые свойства твердых тел и наноструктур	8	4	8		метод. пособие	сам. раб.
ВСЕГО:		54	30	60			

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.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам курса (модуля).

Перечень тем практических занятий:

1. Корпускулярные свойства света.
2. Постулаты Бора и боровская модель атома.
3. Волны де Бройля. Соотношения неопределенностей.
4. Основные положения квантовой механики.
5. Одномерные задачи квантовой механики.
6. Атом водорода. Тонкая структура уровней и спектральных линий.
7. Многоэлектронный атом. Слои и оболочки. Векторная модель.
8. Атом в магнитном поле.
9. Свойства двухатомных молекул.
10. Квантовые свойства кристаллов и наноструктур.

Рекомендуемые темы лабораторных работ:

1. Рентгеновские спектры (КМ).
2. Изучение спектра атома водорода
3. Определение потенциала ионизации атома ртути.
4. Дифракция электронов (КМ).
5. Эффект Рамзауэра
6. Опыт Штерна и Герлаха (КМ).
7. Магнитный резонанс
8. Изучение спектра атома натрия.
9. Измерение интенсивностей в спектрах атомов щелочных металлов.
10. Изучение спектра поглощения молекулы йода.
11. Уравнение Шредингера и квантование энергии (КМ).
12. Уровни энергии и волновые функции атома водорода (КМ).
13. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.
14. Квантоворазмерные эффекты в спектрах поглощения и люминесценции квантовых точек Cd Se.

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

1. контрольные работы;

2. самостоятельные работы;
3. коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
4. устный опрос в ходе практических занятий;
5. проверку конспектов лекций студентов;
6. тестирование, включая компьютерное.

Рекомендуемые темы коллоквиумов

1. Интерференция, дифракция и поляризация света.
2. Применение оптических явлений в медицине.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1. – М.: Наука, 1974 – 575 с.
2. Шпольский Э.В. Атомная физика Т. 2. – М.: Наука, 1974 – 447 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Атомная и ядерная физика. Т. V, ч. 1. – М.: Наука, 1986 – 416 с.
4. Матвеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высш. шк., 1989 – 439 с.
5. Барсуков О.А., Ельяшевич М.А. Основы атомной физики. – М.: Научн. мир, 2006 – 647 с.
6. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. – М.: Бинوم, 2004 – 256 с.
7. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. – М.: Высш. шк., 1991– 174 с.
8. Граков В.Е., Сокольский А.А., Стельмах Г.Ф. Лабораторный практикум по физике атома. Под ред. А.П. Клищенко. – Мн.: БГУ, 2006 – 200 с.
9. Маскевич С.А. Атомная физика. Тестовые задания. – Гродно: ГрГУ, 2006 – 238 с.

Дополнительная литература:

1. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику. – М.: Наука, 1988 – 327 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3. – М.: Наука, 1984 – 304 с.
3. Борн М. Атомная физика. – М.: Мир, 1970 – 484 с.
4. Вихман Э. Квантовая физика. – М.: Наука, 1974– 415 с.
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.3. – М.: Мир, 1976 – 237 с.
6. Фано У., Фано Л. Физика атомов и молекул. – М.: Мир, 1980– 522 с.
7. Спроул Р. Современная физика. – М.: Наука, 1974 – 591 с.
8. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. – М.: Эдиториал УРСС, 2001 – 894 с.
9. Нерсесов Э.А. Основные законы атомной и ядерной физики. – М.: Высш. шк., 1988 – 288 с.

5. Протокол согласования учебной программы

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

