


Министерство образования Республики Беларусь

Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь
по естественнонаучному образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

 А.И.Жук

Регистрационный № ТД- Г. 353 /тип.

ФИЗИКА АТОМА И АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)

СОГЛАСОВАНО


Председатель Учебно-методического
объединения вузов Республики
Беларусь по естественнонаучному
образованию

 В.В.Самохвал
29.06.2010



СОГЛАСОВАНО

Начальник управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

 Ю.И.Миксюк
24.08.2011

Ректор государственного
учреждения образования
«Республиканский институт высшей
школы»

 М.И.Демчук
11.08.2011



Эксперт-нормоконтролер

 С.М.Артемяева
14.02.2011

 А.Ф.Феяшина

МИНСК 2010

СОСТАВИТЕЛИ:

С.А. Маскевич – профессор кафедры общей физики Учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы», доктор физико-математических наук, профессор;

В.Е. Граков – доцент кафедры атомной физики и физической информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

А.А. Сокольский – доцент кафедры атомной физики и физической информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра физики Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и электроники»;

Е.Е. Трофименко – декан факультета информационных технологий и робототехники Белорусского национального технического университета; кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой атомной физики и физической информатики Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 5 мая 2010 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 3 июня 2010 г.);

Научно-методическим советом по физике учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию (протокол № 7 от 12 июня 2010 г.).

Ответственный за выпуск: А.А. Сокольский

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Физика атома и атомных явлений» является частью курса общей физики. Для изучения настоящей дисциплины студентам необходимы знания по всем предшествующим разделам данного курса. В свою очередь, дисциплина «Физика атома и атомных явлений» служит основой для дисциплин «Физика ядра и элементарных частиц» и «Квантовая механика».

Основная цель дисциплины – формирование базовых знаний по физике микроскопических явлений на атомно-молекулярном уровне и умения применять их для решения прикладных проблем.

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 квантово-механических задач;
- систематическое изучение и объяснение на основе квантовой теории строения и свойств атомов и молекул, их поведения во внешних полях и при взаимодействии друг с другом.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия и принципы квантовой физики;
- уравнение Шредингера;
- модельные и квантово-механические подходы к описанию атомов и молекул;
- физическое обоснование периодической системы элементов;

уметь:

- решать простейшие задачи квантовой механики;
- применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем;
- определять параметры атомов и молекул по спектрам испускания и поглощения;
- применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул.

Для изучения дисциплины рекомендуется проведение лекционных, практических и лабораторных занятий. Для контроля знаний – проведение коллоквиумов, контрольных работ, двух зачётов и итогового экзамена. Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются: элементы проблемного изложения, реализуемые на лекционных занятиях; элементы реализации творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при выполнении самостоятельной работы; дискуссии, учебные дебаты, реализуемые на практических и лабораторных занятиях.

В соответствии с типовыми учебными планами на изучение дисциплины отводится 264 часа, из них 148 часов аудиторных занятий, в том

числе 54 часа лекций, 34 часа практических занятий и 60 часов лабораторных занятий.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Всего
1	Введение	3	2	4	9
2	Развитие квантовых представлений	9	5	12	26
3	Основные положения квантовой механики	12	8	8	28
4	Механический и магнитный моменты атомных систем	4	2	8	14
5	Излучение атомных систем	3	2	4	9
6	Строение и свойства атомов	15	11	12	38
7	Строение и свойства молекул	4	2	8	14
8	Квантовые свойства твердых тел и наноструктур	4	2	4	10
	Итого	54	34	60	148

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. 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.

2. 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. 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. Фотоэлектронная спектроскопия и спектроскопия электронного удара. Модели атома по Бору и по Бору–Зоммерфельду. Изотопический сдвиг уровней. Лазерное разделение изотопов. Корпускулярно-волновой дуализм вещества. Волны де Бройля. Эксперименты по дифракции микрочастиц (электронов, нейтронов, атомов, молекул). Роль измерения. Принцип дополнительности.

3. 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. Квазидискретные уровни энергии.

4. 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.

5. 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. Принципы лазерной спектроскопии. Исследование структуры спектральных линий. Изучение нестационарных процессов в атомных системах.

6. 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 взаи-

модействия 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.

7. 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.

8. 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.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые темы 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. Механический и магнитный моменты атомных систем.
7. Время жизни возбуждённых состояний. Ширина спектральных линий.
8. Атом водорода. Тонкая структура уровней и спектральных линий.
9. Многоэлектронный атом. Слои и оболочки. Векторная модель.
10. Свойства двухатомных молекул.
11. Квантовые свойства кристаллов и наноструктур.

Рекомендуемые темы работ лабораторных занятий

1. Рентгеновские спектры.
2. Изучение спектра атома водорода.
3. Определение потенциала ионизации атома ртути.
4. Дифракция электронов.
5. Эффект Рамзауэра.
6. Опыт Штерна и Герлаха.
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.
12. Уровни энергии и волновые функции атома водорода.
13. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.
14. Квантоворазмерные эффекты в спектрах поглощения и люминесценции квантовых точек Cd Se.

Допускается выполнение лабораторных работ № 1, 4, 6, 11 и 12 методом компьютерного моделирования.

Рекомендуемые формы контроля знаний

Две контрольные работы.
Два коллоквиума.

Рекомендуемые темы контрольных работ

1. Теория Бора. Основные квантовомеханические задачи.
2. Квантовые свойства атомов и молекул.

Рекомендуемые темы коллоквиумов

1. Развитие квантовых представлений.
2. Строение и свойства атомов и молекул.

Рекомендуемая литература

Основная

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.: Бином, 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

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.