

Название дисциплины: Квантовая микро- и макрофизика.

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цели: сформировать научный метод мышления, воспитать инженерную интуицию, подготовить студентов к изучению теоретических и специальных курсов физики.

Задачи: изучение студентами основных понятий, определений и законов квантовой микро- и макрофизики, формирование способности применять знания, получаемые при изучении курса, к решению практических физических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина относится к блоку Б-ОПД по направлению подготовки «Прикладные математика и физика»

Структурный элемент ООП ВПО – БМ (бакалавр МГУ) по направлению подготовки «Прикладные математика и физика»

Дисциплина относится к базовой части учебного цикла.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины:

(1) универсальных (ОК):

а) общенаучные:

обладание знаниями о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук: физики, химии, биологии, наук о земле и человеке, экологии; владение основами методологии научного познания различных уровней организации материи, пространства и времени; умение, используя междисциплинарные системные связи наук, самостоятельно выделять и решать основные мировоззренческие и методологические естественнонаучные и социальные проблемы с целью планирования устойчивого развития (ОНК-1);

способность анализировать социально-значимые процессы и оценивать философские и экономические проблемы при решении социальных и профессиональных задач (ОНК-2);

владение основами исторических знаний, понимание движущих сил и закономерностей исторического процесса, места человека в историческом процессе, политической организации общества, понимание базовых ценностей культуры, обладание гражданской позицией (ОНК-3);

владение методологией научных исследований в профессиональной области, знание основ делового общения (ОНК-4);

готовность использовать знания как инструменты для целостного решения познавательных и профессиональных задач (ОНК-5);

владение базовыми разделами математики, физики, химии, информатики и программирования, необходимыми для решения задач в профессиональной области (ОНК-6);

способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области математики, физики, химии, информатики и программирования (ОНК-7);

способность создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные математические результаты, владение знаниями об ограничениях и границах применимости моделей (ОНК-8);

владение знаниями в области техники, технологии и инноватики, необходимыми для практического освоения современных технических систем и технологий, для решения научно-исследовательских и практических задач в профессиональной области (ОНК-9);

б) инструментальные:

владение нормами русского литературного языка и функциональными стилями речи; способность демонстрировать в речевом общении личную и профессиональную культуру, духовно-нравственные убеждения; умение ставить и решать коммуникативные задачи во всех сферах общения, управлять процессами информационного обмена в различных коммуникативных средах (ИК-1);

владение иностранным языком в устной и письменной форме для осуществления коммуникации в учебной, научной, профессиональной и социально-культурной сферах общения; владение терминологией специальности на иностранном языке; умение готовить публикации, проводить презентации, вести дискуссии и защищать представленную работу на иностранном языке (ИК-2);

владение навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов Интернет; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации (ИК-3);

способность использовать современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение в научно-исследовательской работе (ИК-4);

владение основными юридическими понятиями, навыками понимания юридического текста; умение использовать нормативные правовые документы в своей профессиональной деятельности; способность использовать правовые знания для защиты своих гражданских интересов и прав (ИК-5);

способность использовать полученные экономические знания в контексте своей социальной и профессиональной деятельности (ИК-6);

владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ИК-7);

владение средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ИК-8);

владение методами патентного поиска и знаниями в области патентных исследований, необходимыми в профессиональной деятельности (ИК-9);

владение навыками управления информацией для написания докладов, отчётов, обзоров и статей (ИК-10);

владение методами инструментальных исследований, необходимых для проведения экспериментальных работ в профессиональной области (ИК-11);

способность к анализу знаний и их синтезу в сфере профессиональной деятельности (ИК-12);

способность к организации и планированию экспериментальных и теоретических исследований в профессиональной деятельности и выстраиванию стратегии исследовательской работы (ИК-13);

в) системные:

способность к творчеству, порождению инновационных идей, выдвижению самостоятельных гипотез (СК-1);

способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (СК-2);

способность к самостоятельному обучению и разработке новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности; к инновационной научно-образовательной деятельности (СК-3);

способность применять знания на практике (СК-4);

способность к разработке проектов и их управлению, способность к лидерству (СК-5);

способность к инициативе и предпринимательству, способность работать автономно (СК-6);

(2) профессиональных (ПК):

владение навыками и методологической культурой применения полученных фундаментальных знаний в области математики, физики, химии и биологии для выполнения научных исследований (ПК-1);

способность работать с современным программным обеспечением, приборами и установками, применять экспериментальные и теоретические методы исследований и обрабатывать полученные экспериментальные данные для выполнения конкретной научно-исследовательской и инженерной задачи (ПК-2);

способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей (ПК-3);

способность работать с научной литературой, готовность сопоставлять известные экспериментальные и теоретические результаты с полученными оригинальными экспериментальными и теоретическими результатами и делать обоснованные выводы (ПК-4);

готовность обсуждать в научной среде полученные экспериментальные и теоретические результаты и делать выводы; способность излагать полученные научные результаты в устной форме (презентации и доклады на конференциях) и письменной форме (статьи, обзоры, сообщения) (ПК-5).

владение навыками планирования и контроля выполнения установленных планов в сфере профессиональной деятельности (ПК-6);

способность к активному поиску новой информации, умению работать с различными источниками информации; готовность анализировать и решать инженерные проблемы с использованием междисциплинарного подхода (ПК-7);

способность к производственно-коммерческому мышлению и деятельности в условиях рыночных отношений (ПК-8);

готовность к созданию конкурентоспособной продукции на основе полученных фундаментальных знаний (ПК-9);

способность участвовать в разработке макетов изделий и их модулей и применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов (ПК-10);

способность сочетать научно-исследовательскую и инженерно-производственную деятельность для разработки наукоемких технологий, обеспечивающих создание веществ, материалов и комплексных искусственных систем с заданными свойствами (ПК-11);

готовность к поиску технических и технологических инноваций, восприимчивость к инновациям (ПК-12);

готовность к проведению экспериментальных работ по проверке и освоению технических и технологических инноваций (ПК-13);

готовность к разработке программ проведения научно-исследовательских и инженерно-производственных работ по всей цепи инновационного цикла (ПК-14);

готовность к коммерциализации научных разработок (ПК-15).

готовность к коммуникациям и работе в составе коллектива исполнителей в научно-исследовательской и инженерно-производственной сферах (ПК-16);

владение навыками управления научно-исследовательской и инженерно-производственной деятельностью для создания здоровой, безопасной и продуктивной рабочей среды, обеспечения соответствия продуктов профессиональной деятельности стандартам качества (ПК-17);

владение основными методами руководства: постановки и распределения задач, делегирования и контроля, обратной связи и оценки исполнения, обучения на рабочем месте, индивидуального и группового принятия решений (ПК-18);

готовность проявить на практике стремление и способность реализовать свой потенциал (знания, умения, опыт, личностные качества) специалиста нового поколения для экономики, основанной на знаниях, для успешной продуктивной деятельности в профессиональной и социальной сферах (ПК-19);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов, способы аналитического представления этих закономерностей.

Уметь: формулировать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе квантовой микро- и макрофизики; получать данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты.

Владеть: расчетными методами решения задач, навыками поиска данных в открытых источниках (в том числе, в информационных базах данных) и применять их при решении практических задач.

Приобрести опыт деятельности: в анализе, формулировке и решении конкретных задач, интересующих фундаментальную науку и практику.

4. Содержание и структура дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины (К – коллоквиум, Т – проверочная самостоятельная работа (тест), РК – рубежная контрольная работа, ДЗ – домашнее задание, РГЗ – расчетно-графическое задание)

| № раздела | Наименование раздела | Содержание раздела | Форма текущего контроля |
|-----------|--|---|-------------------------|
| 1 | Корпускулярно-волновой дуализм | Гипотеза де Бройля. Фотоэффект. Эффект Комптона. Фотоны. Дифракция электронов. Волновая функция как амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции. | РК, ДЗ |
| 2 | Средние значения и соотношение неопределенностей | Измерение в квантовой физике. Средние значения координаты и импульса. Операторы. Собственные значения и собственные функции. Соотношения неопределенностей для координаты и импульса. | РК, ДЗ |
| 3 | Уравнение Шредингера. | Одномерное уравнение Шредингера. Плотность потока вероятности. Стационарные состояния. Простейшие одномерные системы. Свободное движение частицы. Прямоугольная потенциаль- | РК, ДЗ |

| | | | |
|----|--|---|--------|
| | | ная яма. Гармонический осциллятор. Кулоновский потенциал. | |
| 4. | Туннельный эффект | Дискретный и непрерывный спектр. Туннельный эффект. Сканирующий туннельный микроскоп. Теория α -распада атомных ядер. | РК, ДЗ |
| 5 | Строение и спектры атома | Связь классической и квантовой физики. Постулаты и принцип соответствия Бора. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Спектр водородоподобных атомов. Систематика состояний атома водорода. Постоянная Ридберга. Позитроний. | РК, ДЗ |
| 6 | Момент импульса в квантовой теории | Квантование момента импульса и его проекции. Колебательные и вращательные уровни молекул. | РК, ДЗ |
| 7 | Спин электрона | Магнитный момент во внешнем поле. Опыт Штерна-Герлаха. Спин и магнитный момент элементарных частиц. Атомный и ядерный магнетон Бора. Спин фотона и правила отбора при атомных переходах. | РК, ДЗ |
| 8 | Атом в магнитном поле | Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Сложение моментов количества движения. Фактор Ланде. Эффект Зеемана. Ядерный и электронный парамагнитный резонанс. | РК, ДЗ |
| 9 | Тождественность микрочастиц и строение многоэлектронных атомов | Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Правило Хунда. Приближение самосогласованного поля. Атомные оболочки. Электронная конфигурация. Периодическая система элементов. Характеристическое и тормозное излучение. | РК, ДЗ |
| 10 | Основные свойства атомных ядер | Радиоактивность. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Капельная модель и формула Вайцзеккера. Оболочечная модель ядра. Зарядовая независимость ядерных сил. Энергия связи ядра. Размеры атомных ядер. Электрические свойства и форма атомных ядер. Законы радиоактивного распада. Несохранение четности в β -распаде. | ДЗ |
| 11 | Ядерные реакции | Ядерные реакции. Сечение реакции. Нейтроны и деление атомных ядер. Закон Бете для сечения захвата медленных частиц. Составное ядро. Ядерные реакции, идущие через составное ядро. Законы сохранения в ядерных реакциях. Эффект Мёссбаура. | ДЗ |
| 12 | Физика нейтронов | Замедление нейтронов и ультрахолодные нейтроны. Деление ядер. Запаздывающие нейтроны. | ДЗ |

| | | | |
|----|--|--|----|
| | | Ядерные реакторы. Термоядерные реакции. | |
| 13 | Частицы и взаимодействия | Фундаментальные взаимодействия и их переносчики. Классификация элементарных частиц. Фундаментальные фермионы – лептоны и кварки. Кварковая модель адронов – мезоны и барионы. Резонансы. Античастицы. Источники и методы регистрации ядерных частиц. | ДЗ |
| 14 | Фундаментальные взаимодействия и законы сохранения | Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Законы сохранения электрического, лептонного и барионного зарядов при взаимодействиях элементарных частиц. | ДЗ |
| 15 | Современные астрофизические представления | Источники энергии звезд. Эволюция звезд. Космические лучи. | ДЗ |

4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов), из них 1 – лекции по квантовой микро- и макрофизике (36 часов), 1 – семинары (36 часов), 1 – самостоятельная работа студентов (36 часов).

| Вид работы | Семестр 5 | Всего |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Общая трудоемкость | 3 (108) | 3 (108) |
| Аудиторная работа: | 2 (72) | 2 (72) |
| Лекции (Л) | 1 (36) | 1 (36) |
| Практические занятия (ПЗ) | 1 (36) | 1 (36) |
| Лабораторные работы (ЛР) | | |
| Самостоятельная работа | 1 (36) | 1 (36) |
| Вид итогового контроля | экзамен | |

Разделы дисциплины по семестрам

| № раздела | Наименование раздела | Количество часов | | | | |
|-----------|--|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | Внеаудиторная работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 1 | Корпускулярно-волновой дуализм | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 2 | Средние значения и соотношение неопределенностей | 12 | 4 | 4 | | 4 |
| 3 | Уравнение Шредингера. | 12 | 4 | 4 | | 4 |
| 4 | Туннельный эффект | 6 | 2 | 2 | | 2 |

| | | | | | | |
|----|--|-----|----|----|--|---|
| 5 | Строение и спектры атома | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 6 | Момент импульса в квантовой теории | 8 | 3 | 2 | | 3 |
| 7 | Спин электрона | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 8 | Атом в магнитном поле | 8 | 3 | 2 | | 3 |
| 9 | Тождественность микрочастиц и строение многоэлектронных атомов | 8 | 2 | 4 | | 2 |
| 10 | Основные свойства атомных ядер | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 11 | Ядерные реакции | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 12 | Физика нейтронов | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 13 | Частицы и взаимодействия | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 14 | Фундаментальные взаимодействия и законы сохранения | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| 15 | Современные астрофизические представления | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| | Итого | 108 | 36 | 36 | | |

4.3. Лабораторные работы

4.4. Практические занятия (семинары)

| № раздела | № занятия | Тема | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Кванты света и волновые свойства вещества | |
| 2 | 2 | Соотношение неопределенностей | |
| | 3 | Операторное представление физических величин | |
| 3 | 4 | Одномерное уравнение Шредингера для связанных состояний | |
| | 5 | Простейшие одномерные задачи рассеяния | |
| 4 | 6 | Туннельный эффект для одномерного барьера | |
| 5 | 7 | Строение и спектры водородоподобных атомов | |
| 6 | 8 | Операторы момента импульса в квантовой механике | |
| 7 | 9 | Спин электрона | |
| 8 | 10 | Векторная модель атома. Эффект Зеемана | |
| 9 | 11 | Многоэлектронный атом. Электронные слои и обо- | |

| | | | |
|----|----|--|--|
| | | лочки. | |
| | 12 | Характеристическое рентгеновское излучение. | |
| 10 | 13 | Модели атомных ядер. Энергия связи ядра. | |
| 11 | 14 | Законы радиоактивного распада. Эффект Мёссбауэра. | |
| 12 | 15 | Запаздывающие нейтроны и ядерные реакторы. | |
| 13 | 16 | Классификация элементарных частиц. Кварковая модель адронов. | |
| 14 | 17 | Законы сохранения в фундаментальных взаимодействиях | |
| 15 | 18 | Источники энергии звезд | |

4.5. Курсовая работа (возможные темы)

4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплин

| № раздела | № вопроса | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1 | | Эффект Доплера при движении источника света с фотонной точки зрения. | |
| 2 | | Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов. | |
| 3 | | Нечетные уровни энергии в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины | |
| 4 | | Теория α -распада Гамова. | |
| 5 | | Опыты Франка и Герца. | |
| 6 | | Колебательные и вращательные уровни молекул. | |
| 7 | | Спин и магнитный момент элементарных частиц. | |
| 8 | | Ядерный и электронный парамагнитный резонанс. | |
| 9 | | Атом гелия. Химическая связь. | |
| 10 | | Оболочечная модель ядра | |
| 11 | | Составное ядро. Ядерные реакции, идущие через составное ядро. | |
| 12 | | Термоядерные реакции. | |
| 13 | 1 | Источники и методы регистрации ядерных частиц. | |
| 14 | 14 | Дискретные симметрии. | |
| 15 | 16 | Эволюция звезд. | |

5. Образовательные технологии

5.1. Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

| Семестр | Вид занятия | Интерактивные образовательные технологии | Кол-во часов |
|---------|-------------|---|--------------|
| 5 | лекция | мультимедийный проектор, презентация, интерактивная доска | 72 |
| Итого | | | 72 |

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Вариант контрольной работы

1. При какой длине волны импульс фотона равен импульсу молекулы водорода при комнатной температуре?
2. Фотон рассеивается на покоящемся протоне. Энергия рассеянного фотона равна кинетической энергии протона отдачи, а угол разлета между рассеянным фотоном и протоном отдачи равен 90° . Найти энергию падающего фотона.
3. Электрон находится в одномерной прямоугольной яме шириной 2 \AA . Отношение волновой функции на границе ямы к её максимальному значению внутри ямы равно 0.5 . Найти глубину ямы и энергию ионизации такой системы в электрон-вольтах.
4. Какова максимальная скорость электронов, вырывааемых из свинца характеристическим излучением железа?
5. Найти энергию магнитного взаимодействия двух атомов водорода, находящихся на расстоянии 10^{-6} см . Считать, что электроны в атомах движутся по первым боровским орбитам, а плоскости орбит параллельны. Спин электронов не учитывать.

Вопросы для подготовки к экзамену (семестр 1):

1. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Фотоэффект. Эффект Комптона. Фотоны. Дифракция электронов. Волновая функция как амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции.
2. Нестационарное одномерное уравнение Шредингера и сохранение плотности тока.
3. Соотношения неопределенностей. Измерение в квантовой физике. Средние значения координаты и импульса. Операторы. Собственные значения и собственные функции. Уравнение Шредингера.
4. Квантование момента импульса и его проекции. Сложение моментов.
5. Атом в магнитном поле. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Сложение моментов количества движения. Фактор Ланде. Эффект Зеемана.
6. Постулаты Бора. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. опыты Франка и Герца. Спектр водородоподобных атомов. Систематика состояний атома водорода. Постоянная Ридберга. Позитроний.
7. Стационарное одномерное уравнение Шредингера в задаче нахождения энергии связанных состояний в потенциальной яме.
8. Туннельный эффект (подбарьерное прохождение). Сканирующий туннельный микроскоп.
9. Стационарное одномерное уравнение Шредингера в задаче рассеяния на потенциальном барьере.
10. Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля. Атомные оболочки. Электронная конфигурация. Периодическая система элементов.
11. Уровни энергии и волновые функции частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме.
12. Магнитный момент во внешнем поле. Опыт Штерна-Герлаха. Спин и магнитный момент электрона. Атомный и ядерный магнетон Бора. Спин фотона и правила отбора при атомных переходах.

13. Основные характеристики атомного ядра. Понятие о ядерном и сильном взаимодействии.
14. Нуклоны и их характеристики. Заряд ядра и массовое число. Изотопы и изобары.
15. Состав и размер ядра. Бета-распад и несохранение четности в слабых взаимодействиях.
16. Масса и энергия связи ядра. Формула Вайцзеккера.
17. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия. Деление ядер.
18. Радиоактивный распад ядер. Законы радиоактивного распада ядра.
19. Элементарные частицы Стандартной модели.
20. Экспериментальное обнаружение реакторных антинейтрино и доказательство отличия электронных нейтрино от антинейтрино.
21. Радиоуглеродный метод определения возраста органических образцов.
22. Туннельная теория альфа-распада и закон Гейгера-Неттола.
23. Модель ядерных оболочек и магические ядра.
24. Гамма-излучение. Эффект Мессбауэра.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

(к семестру 1)

1. Д.В.Сивухин. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Атомная физика. М., Наука, 1986.
2. Д.В.Сивухин. Атомная и ядерная физика. Часть 2. Ядерная физика. М., Наука, 1989.
3. Ю.М.Ципенюк. Квантовая микро- и макрофизика. М., Физматкнига, 2006.
4. Л.Л.Гольдин, Г.И. Новикова. Введение в квантовую физику. М., Наука, 1988.
5. Э.Вихман. Квантовая физика (Берклевский курс физики). М., Наука, 1977.
6. И.А.Савельев. Курс общей физики. Том 3. Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М., Наука, 1979.

7.2. Дополнительная литература

(к семестру 1)

1. И.Е.Иродов. Квантовая физика. Основные законы. М., Бином. 2007.
2. Б.С.Ишханов, И.М.Капитонов, Н.П.Юдин. Частицы и атомные ядра. Издательство ЛКИ, 2007.
3. Л.Б.Окунь. Физика элементарных частиц. М., Наука, 1988.
4. И.С.Шкловский. Звезды, их рождение, жизнь и смерть. М., Наука, 1975.

7.3. Периодические издания

7.4. Интернет-ресурсы

7.5. Методические указания к лабораторным работам

7.6. Методические указания к практическим занятиям расположены на сайте -

7.7. Методические указания к курсовым работам и самостоятельной работе расположены на сайте [-](#)

7.8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

Учебные программы для:

расположены на сайтах [и](#)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованной аудитории с мультимедийным оборудованием. Вспомогательный материал в виде презентаций и электронных учебных материалов доступен студентам на сайте факультета.