**Министерство науки и образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Московский физико-технический институт (государственный университет)»**

**МФТИ(ГУ)**

**Кафедра «Лазерные системы и структурированные материалы»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Проректор по учебной работе**

**Ю.Н. Волков**

**2012 г**.

.

**Рабочая УЧЕБНАЯ Программа**

**по дисциплине:** **Задачи квантовой физики**

**по направлению:** 010900 «Прикладные математика и физика»

**профиль подготовки:** Современные проблемы физики и энергетики

**факультеты:** **ПФЭ**

**кафедра Лазерные системы и структурированные материалы**

**курс:** 4 (бакалавриат)

**семестры:** осенний и весенний **дифф. зачет** **7-8 семестр**

**Трудоёмкость в зач. ед.:** вариативная часть – **3** **зач. ед**.;

**в т.ч.:**

**лекции:** вариативная часть – **нет**

**практические (семинарские) занятия: 66 час.**

**лабораторные занятия:** **нет**

**мастер классы, индивид. и групповые консультации:** нет

**самостоятельная работа:** вариативная часть– **28 час**.

**курсовые работы:** нет

**подготовка к экзамену:** вариативная часть – **нет**

**ВСЕГО Аудиторных часов 66**

**Программу составил** Волков Петр Александрович

**Программа обсуждена на заседании кафедры**

«18» сентября 2012 г.

Заведующий кафедрой академик, профессор И.А.Щербаков

**ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариативная часть, в т.ч. :** | \_\_3\_\_\_ зач. ед. |
| Лекции | \_\_нет\_\_\_ часов |
| Практические занятия | \_\_66\_\_ часов |
| Лабораторные работы | \_\_нет\_\_\_ часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем | \_\_нет\_\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия | \_\_28\_\_ часов |
| **Итоговая аттестация** | **Дифф. зачет 7 и 8 семестр,** |
| **ВСЕГО** | **3 зач. ед.** |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

***Цель курса –*** Целью курса является изучение физики взаимодействия лазерного излучения с веществом и изучение методики решения задач квантовой механики и электродинамики в этой области.

***Задачами данного курса являются:***

* освоениестудентами базовых знаний в области физики взаимодействия лазерного излучения с веществом***;***
* приобретение теоретических знаний в области физики взаимодействия оптического лазерного излучения с веществом;
* приобретение навыков решения задач квантовой механики и электродинамики.

1. **Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

***Дисциплина*  Задачи квантовой физики *включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативным части цикла \_Б.3\_ кода УЦ ООП.***

***Дисциплина* Задачи квантовой физики *базируется на циклах Б.2 курса 1,2,3 базовой и вариативных частях.***

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

***Освоение дисциплины* Задачи квантовой физики *направлено на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций бакалавра:***

***а) общекультурные (ОК):***

* способность анализировать научные проблемы и физические процессы, использовать на практике фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук (ОК-1);
* способность осваивать новые проблематику, терминологию, методологию и овладевать научными знаниями, владеть навыками самостоятельного обучения (ОК-2);
* способность логически точно, аргументировано и ясно формулировать свою точку зрения, владеть навыками научной и общекультурной дискуссией (ОК-3);
* готовность к творческому взаимодействию с коллегами по работе и научным коллективом, способность и умение выстраивать межличностное взаимодействие, соблюдая уважение к товарищам и проявляя терпимость к иным точкам зрения (ОК-4);

б) профессиональные (ПК):

* способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин, включая дисциплины: общая физика, теоретическая физика, электродинамика, квантовая механика, статистическая физика, высшая математика (ПК-1);
* способность применять различные методы физических исследований в избранной предметной области: экспериментальные методы, статистические методы обработки экспериментальных данных, вычислительные методы, методы математического и компьютерного моделирования объектов и процессов (ПК-2);
* способность понимать сущность задач, поставленных в ходе профессиональной деятельности, использовать соответствующий физико-математический аппарат для их описания и решения (ПК-3);
* способность использовать знания в области физических и математических дисциплин для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки (ПК-4);
* способность работать с современным программным обеспечением, приборами и установками в избранной области (ПК-5);
* способность представлять результаты собственной деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов (ПК-6);
* готовность работать с исследовательским оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области (ПК-7);

1. **конкретные Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**

**В результате освоения дисциплины «Задачи квантовой физики» обучающийся должен:**

* 1. **Знать:**
* фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
* порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
* современные проблемы физики, химии, математики;
* основные явления, наблюдаемые при взаимодействии лазерного излучения диапазона с веществом, и экспериментальные физические методы, разработанные на их базе;
* экспериментальные факты лежащие в основе физики взаимодействия лазерного излучения с веществом;
  1. **Уметь:**
* абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
* пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
* делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
* производить численные оценки по порядку величины;
* делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
* видеть в технических задачах физическое содержание;
* осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
* получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
* работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
* эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
  1. **Владеть:**
* навыками освоения большого объема информации;
* навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
* культурой постановки и моделирования физических задач;
* навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
* практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
* навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с явлениями, возникающими при взаимодействии лазерного излучения оптического диапазона с веществом;

1. **Структура и содержание дисциплины**
   1. **Структура дисциплины**

**Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам**

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. Основные понятия квантовой механики. | 4 |
| 2. Резонансные процессы | 8 |
| 3. Матрица плотности. | 20 |
| 4. Квазиклассика | 10 |
| 5. Квазиэнергии | 10 |
| 6. Спонтанное и вынужденное излучение | 8 |
| 7. Стабилизация атомов | 4 |
| 8. Элементы квантовой теории молекул | 2 |
| ВСЕГО (зач. ед.(часов)) | 66 час. (2 зач.ед.) |

**Вид занятий**

**семинары**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость в зач. ед.  (количество часов) |
| 1 | Основные понятия квантовой механики. | 4 |
| 2 | Резонансные процессы | 8 |
| 3 | Матрица плотности. | 20 |
| 4 | Квазиклассика | 10 |
| 5 | Квазиэнергии | 10 |
| 6 | Спонтанное и вынужденное излучение | 8 |
| 7 | Стабилизация атомов | 4 |
| 8 | Элементы квантовой теории молекул | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 66 |

* 1. **Содержание дисциплины**

**Развёрнутые темы и вопросы по разделам**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Название модулей | Разделы и темы лекционных занятий | Содержание | Объем | |
| Аудиторная работа  (зачетные  единицы/часы) | Самостоятельная работа  (зачетные  единицы/часы) |
| 1 | Основные понятия квантовой механики. | Семинары 1 -6 | Основные понятия квантовой механики. Уравнение Шредингера и интерпретация волновой функции.  Элементы квантовой теории атомов. Атомные уровни, квантовые числа, волновые функции. Ридберговские атомы.  Свободные и ридберговские волновые пакеты, их формирование и свойства. Расплывание и возрождение.  Рассеяние волновых пакетов. Соотношение между классическим и квантовым описанием. Роль соотношения между длиной волны ДеБройля, размером волнового пакета и размером мишени.  Индуцированные полем переходы. Калибровка и разные представления гамильтониана атома в поле. Нестационарная теория возмущений, золотое правило Ферми, правила отбора.  Фотоэффект в атомах. Поверхностный и объемный фотоэффект в металлах. | 4 | 4 |
| 2 | Резонансные процессы | Семинары 7-9 | Многофотонное возбуждение и ионизация атомов. Составные матричные элементы, динамический эффект Штарка, динамическая поляризуемость атома.  Резонансные процессы, резонансная ионизация атомов. Ионизационное уширение уровней и другие механизмы уширения резонансов.  Двухуровневая система в резонансном поле. Приближение вращающейся волны. Частота и осцилляции Раби. Мгновенное и адиабатическое включение взаимодействия. Точные решения для модельной огибающей. Адиабатическое инвертирование уровней. Решение в точном резонансе, -импульсы. | 8 | 6 |
| 3 | Матрица плотности. | Семинар 10 | Матрица плотности, релаксационные константы. Уравнение Лиувиля. Уравнение Карплюса-Швингера. Уравнения Блоха для компонент матрицы плотности двухуровневой системы. Продольная и поперечная релаксация. Однородное и неоднородное уширение. Насыщение. | 20 | 4 |
| 4 | Квазиклассика | Семинары 11-12 | Квазиклассика. Стационарные квазиклассические волновые функции. Правила квантования Бора-Зоммерфельда. Туннелирование через потенциальный барьер. Квазиклассические матричные элементы дипольного момента.  Релятивистские и нерелятивистские Волковские функции электрона. Оптическое туннелирование в сильном световом поле. Параметр Келдыша. | 10 | 4 |
| 5 | Квазиэнергии | Семинары 13 и 14 | Квазиэнергии и квазиэнергетические волновые функции. Теорема Флоке. Пример двухуровневой системы  Квазиэнергетические волновые функции системы "один дискретный уровень + континуум". Функции Фано, индуцированная полем структура континуума, аналогия с автоионизационными состояниями, асимметричный профиль Фано. | 10 | 6 |
| 6 | Спонтанное и вынужденное излучение | Семинары 15-18 | Спонтанное и вынужденное излучение. Когерентное и некогерентное излучение ансамбля атомов. Принцип соответствия. Генерация гармоник.  Многофотонное вынужденное тормозное излучение.  Пондеромоторный потенциал. Эффект Капицы-Дирака.  Надпороговая ионизация атомов | 8 | 2 |
| 7 | Стабилизация атомов | Семинары 19-22 | Стабилизация атомов в сильном световом поле. Атом Крамерса-Хеннебергера.  Интерференционная стабилизация ридберговских атомов, теория и эксперимент.  Интерференционная стабилизация, обусловленная резонансными переходами V-типа.  Двухэлектронная ионизация атомов. Перерассеяние. | 4 | 1 |
| 8 | Элементы квантовой теории молекул | Семинары 23 и 24 | Элементы квантовой теории молекул. Приближение Борна-Оппенгеймера. Молекулярные термы. Колебания и вращения молекул.  Эффект выстраивания молекул в сильном световом поле. | 2 | 1 |

**ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость в зач. ед.  (количество часов) |
| 1. | - изучение теоретического курса - выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой; | 16 |
| 2. | - решение задач по заданию (индивидуальному где требуется) преподавателя– решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные. | 12 |
| 3. | Подготовка к зачету с оценкой в 7 и 8 семестрах |  |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 28 час. |

1. **Образовательные технологии**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид занятия | Форма проведения занятий | Цель |
| 1 | семинары | Изложение теоретического материала. Рассмотрение основных приемов и подходов к решению задач квантовой физики. | Получение теоретических знаний по дисциплине |
| 2 | семинары | изложение теоретического материала с помощью презентаций | Повышение степени понимания материала |
| 3 | семинары | Примеры применения результатов теоретических вычислений для конкретных практических применений. | Осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин |
| 4 | Самостоятельная работа студента | Изучение теоретического материала по темам занятий. Подготовка к сдаче зачета с отметкой. | Повышение степени понимания материала |

1. **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Контрольно-измерительные материалы**

**Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 7-ом семестре.**

1. Расплывание волнового пакета в свободном пространстве. Время расплывания, угол расплывания. Сходства и различия расплывания с фокусировкой лазерного излучения.
2. Эквивалентность калибровок *pA* и *d*. Необходимые условия эквивалентности в случае огибающей следующего вида: прямоугольник, трапеция, сглаженная трапеция (сглаживание функцией *cos*2), функция Гаусса (*exp*2). Калибровочная инвариантность в первом и втором порядках теории возмущений.
3. Теория возмущений. Предел динамической поляризуемости при *→0*.
4. Двухуровневая система. Точное решение двухуровневой системы в потенциале *(t)=0/ch2(t/)*. -импульс. Спектр спонтанного излучения двухуровневой системы: триплет Моллоу.
5. Ионизация отрицательного йона полем с прямоугольной огибающей (один уровень на фоне континуума). Используя преобразование Лапласа найти квазиэнергетические функции и энергии в приближении большого превышения над порогом. Доказать полноту квазиэнергетических функций. Найти населённость уровня в зависимости от длительности импульса в околопороговом случае.
6. Гармонический осциллятор. Расплывание волнового пакета в гармоническом осцилляторе. Гармонический осциллятор в поле (решение Хусимы).

**Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 8-ом семестре.**

1. Теория Келдыша. Угловое распределение электронов и распределение по надпороговым максимумам.
2. Тормозное излучение. Коэффициент поглощения в слабом поле. Эффект Маркуза для «экранированного» иона. Спектральная интенсивность в поле сильной волны. Ширина резонансных пиков, положения максимумов.
3. Лазер на свободных электронах (ЛСЭ). Резонансная частота. Классическая теория, гармоники ЛСЭ и коэффициент усиления. Квантовая теория ЛСЭ, квазиэнергетические решения, коэффициент усиления.
4. Квазиклассика. Точки поворота. Правила квантования Бора-Зоммерфельда. Тунелирование.
5. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)

**Необходимое программное обеспечение**

**Обеспечение самостоятельной работы - базы данных по журналам** Physical Review, J of Apply Physics, J. Physics B, Progress of Theoretical Physics

1. **Наименование возможных тем курсовых работ –** учебным планом не предусмотрены
2. **ТЕМАТИКА И ФОРМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ –** учебным планом не предусмотрены
3. **ТЕМАТИКА ИТОГОВЫХ РАБОТ –** учебным планом не предусмотрены
4. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**
   1. **Основная литература.**
5. Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц, Квантовая механика, М.: НАУКА,
6. Н.Б. Делоне и В.П. Крайнов, "Атом в сильном световом поле", М.: Энергоиздат, 1984
7. М.В. Федоров, "Электрон в сильном световом поле", М.: НАУКА, 1991.
8. Н.Б.Делоне, В.П. Крайнов «Нелинейная ионизация атомов лазерным излучением», М., Физматлит, 2001

**Дополнительная литература.**

1. А.С. Давыдов, Квантовая механика, М.: НАУКА, ФИЗМАТГИЗ: М., 1963
2. M.V. Fedorov, Atomic and Free Electrons in a Strong Light Field, World Scientific: Singapore, 1997.

Программу составил

П.А.Волков

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.