

## Квантовая электроника

Лектор: д.ф.-м.н., профессор Цупко-Ситников Всеволод Михайлович, к.ф.-м.н., доцент  
Яковенко Сергей Леонидович  
(кафедра физики элементарных частиц физического факультета МГУ)

Код курса:  
Статус: по выбору  
Аудитория: специальный  
Специализация: Физика элементарных частиц  
Семестр: 1  
Трудоёмкость: 2 з.е.  
Лекций: 36 часов  
Семинаров: 0 часов  
Практ. занятий: 0 часов  
  
Отчётность: зачет  
Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-6  
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4

### Аннотация курса

В лекционном курсе содержатся базовые знания о физических принципах усиления и генерации света на основе индуцированного испускания излучения; описание открытых резонаторов лазерных систем; принципы действия наиболее важных твердотельных и газовых лазеров, лазеров на свободных электронах.

### Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные физические принципы усиления и генерации света на основе индуцированного испускания излучения; владеть описанием открытых резонаторов лазерных систем; принципами действия наиболее важных твердотельных и газовых лазеров, лазеров на свободных электронах.

### Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

### Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими курсами

Курс базируется на знании следующих курсов: квантовая механика, электроника, оптика, физика твердого тела, взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.

### Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа. В результате прослушанного курса студент должен приобрести навыки использования уже существующих лазеров в экспериментальной деятельности, и иметь базовую подготовку для разработки новых видов лазеров.

### Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1983.
2. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М., Мир, 1981.

### Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Физические основы технологических лазеров. Москва «Высшая школа».1987.

**Основные научные статьи,  
обеспечивающие курс**

2. Учебно-методическое пособие «Квантовая электроника» (Комплект учебно-методических указаний к лабораторным работам), Тюмень. Издательство ТюмГУ. 2008.

1. Antokhin E.A., Akberdin R.R., Arbuzov V.S. et al. First experimental results obtained using the high-power free electron laser at the Siberian center for photochemical research // Problems of atomic science and technology. – 2004. No 1. – P. 3-5.

2. Ильинский Ю. А., Проблема гамма-лазера, "Природа", 1978.

3. Й.Херман Б.Вильгельми «Лазеры сверх коротких световых импульсов» М. Мир 1986.

**Контроль успеваемости**

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

**Структура и содержание дисциплины**

Раздел	Неделя
Принцип действия квантовых усилителей и генераторов. Стимулированное излучение. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Дипольные переходы. Правила отбора. Понятие активной среды. Способы получения инверсной заселенности. Поляризация и синхронизация вынужденного излучения.	1
Монохроматичность и когерентность (общие сведения). Соотношение неопределенностей энергия – время, естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Вероятность индуцированных переходов при монохроматическом излучении. Однородное и не однородное уширения. Гауссова форма линии при доплеровском уширении.	2
Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения. Плотность потока энергии насыщающего излучения. Импульсный режим, энергия насыщения	3-4
Усиление и генерация. Полоса пропускания усилителя бегущей волны. Шум квантового усилителя. Максимальная выходная мощность. Импульсный режим, максимальная выходная энергия, изменение формы импульса при нелинейном усилении.	5-6
Открытый резонатор, его добротность. Регенерация резонатора при усилении. Проходной резонаторный усилитель. Отражательный усилитель. Условия самовозбуждения. Условия резонанса. Частота генерации. Максимальная выходная мощность.	7
Резонаторы в электронике. Переход к коротким волнам. Падение добротности и сгущение резонансов замкнутых объемов. Открытые резонаторы, прореживание спектра. Число Френеля. Моды. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери. Метод Фокса и Ли. Интегральное уравнение открытого резонатора.	8
Конфокальный резонатор. Распределение поля. Гауссовы пучки. Размер пятна. Расходимость излучения. Радиус кривизны волнового фронта. Преобразование гауссовых пучков линзой. Согласование мод резонаторов. Фокусирование гауссовых пучков. Продольные и поперечные размеры фокальной области.	9
Устойчивость линзовых световодов. Световод с одинаковыми линзами. Световод с чередующимися линзами двух различных фокусных расстояний. Условие	10

устойчивости, диаграмма устойчивости. Эквивалентность линзового световода и открытого резонатора. Типы устойчивых резонаторов. Селекция поперечных мод диафрагмой.	
Способы накачки (электрический разряд, ионизирующие излучения). Источники накачки и особенности конструкции. Кинетика плазменных процессов и образование инверсной населенности в эксимерных лазерах, лазерах на электронных переходах молекул, лазерах на переходах атомов инертных газов.	11
Газовые лазеры. Особенности газообразной активной среды. Основные методы возбуждения: электрический разряд, химическое возбуждение, фотодиссоциация, оптическая накачка. Наиболее известные газовые лазеры: гелий-неоновый лазер, ионные лазеры, лазеры на парах металлов, ионные лазеры, CO <sub>2</sub> -лазеры, химические лазеры. Кинетика плазменных процессов и образование инверсной населенности в эксимерных лазерах, лазерах на электронных переходах молекул, лазерах на переходах атомов инертных газов.	12
Лазеры на конденсированных средах. Активные среды лазеров на конденсированных средах. Механизмы создания инверсии. Источники излучения и системы накачки. Рубиновый и неодимовый лазеры. Лазеры на красителях. Лазеры на центрах окраски	13
Полупроводниковые лазеры. Отличительные особенности полупроводниковых лазеров. Энергетические зоны носителей тока в полупроводниках. Методы получения инверсной населенности. Диодные инжекционные лазеры. Гетероструктуры	14
Методы измерения лазерных характеристик. Определение потерь в резонаторе. Измерение параметров усиления. Измерение мощности и энергии излучения. Измерение длины волны генерации. Измерение угла расхождения и распределения энергии в пучке	15-16
Тенденции развития. Новые длины волн лазерного излучения. Лазер на свободных электронах. Гамма-лазер.	17-18

*Лектор: д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, доцент Узиков Юрий Николаевич (кафедра физики элементарных частиц физического факультета МГУ)*

Код курса:	
Статус:	по выбору
Аудитория:	специальный
Специализация:	Физика элементарных частиц
Семестр:	1
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	0
Практ. занятий:	0
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

### **Аннотация курса**

Предметом лекционного курса являются принципы и методы теоретического анализа экспериментальных данных о процессах столкновений частиц и ядер в квантовой механике. Актуальность курса обусловлена, в частности, прогрессом в современной эффективной киральной теории нуклонных сил и ее тестированием в экспериментах по рассеянию и реакциям в малонуклонных системах. В рамках курса студенты познакомятся с описанием простейших релятивистских процессов в бесспиновой и спиновой электродинамике на основе формализма функций Грина, с методами решения задачи рассеяния в нерелятивистской потенциальной теории на основе интегральных и дифференциальных уравнений, а также с диаграммной техникой Фейнмана в теории рассеяния и ядерных реакций.

### **Приобретаемые знания и умения**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные методы и подходы решения задачи рассеяния в нерелятивистской потенциальной теории на основе интегральных и дифференциальных уравнений, а также с диаграммную технику Фейнмана в теории рассеяния и ядерных реакций.

### **Образовательные технологии**

Курс имеет электронную версию для презентации. Имеется список задач для самостоятельного решения по основным разделам курса. Лекции читаются с использованием проекционного оборудования и современных мультимедийных возможностей.

### **Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП**

Курс является теоретическим базисом к курсам, в которых излагаются экспериментальные данные о взаимодействии частиц с ядрами в области низких и промежуточных энергий.

### **Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего**

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, дисциплины “Стандартная модель. Прецизионные вычисления”.

### **Основные учебные пособия, обеспечивающие курс**

1. А.Н. Москалев, Релятивистская теория поля, Санкт-Петербург: ПИЯФ РАН, 2006.
2. В.В. Балашов, Квантовая теория столкновений, Издательство Московского университета, 1985.

### **Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс**

1. С.Сунакава, Квантовая теория рассеяния, Москва «Мир», 1979.

**Основные научные статьи,  
обеспечивающие курс**

2. Дж. Тейлор, Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений, «Мир», 1975.
3. А.Г. Ситенко, Лекции по теории рассеяния, Киев, Вища школа, 1971.
4. Ф.Хелзен, А.Мартин, Кварки и лептоны, Москва «Мир», 1987.
1. E. Epelbaum, H.W. Hammer, U.-G. Meissner, Modern Theory of Nuclear Forces // Rev. Mod. Phys. pp.1773-1825, 2009.
2. Yu.N.Uzikov, J.Haidenbauer, Forward antiproton-deuteron elastic scattering and total spin-dependent  $\bar{p}d$  cross sections // Phys. Rev. C, v. 79, pp.024617(1) – 024617(15), 2009
3. Yu.N.Uzikov. Spin observables of the reaction  $pd-^3\text{He}\eta$  and quasi-bound  $^3\text{He}\eta$  pole// Nucl. Phys. A 801 , pp.114- 128, 2008.
- 4 Yu.N. Uzikov,  $1S_0$  formation in the  $pd\rightarrow(pp)_n$  reaction and short-range NN interaction// Few Body systems, v.44, pp.211-213, 2008.
5. Yu.N.Uzikov et al. Dynamics of  $1S_0$  diproton formation in the  $pd\rightarrow(pp)_n$  and  $pN\rightarrow(pp)_n\pi$  reactions.// Phys. Rev. C v.75, pp. 014008(1)-014008(10), 2007.