

03.04.01 Прикладные математика и физика

Очная форма обучения, 2017 года набора

Аннотации рабочих программ дисциплин

Актуальные проблемы нанооптики

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний в интенсивно развивающейся области нанофотоники для дальнейшего использования в других областях физического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры в области современной оптики, нанофизики и нанотехнологии, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по нанооптике;
- формирование общефизической культуры в области современной фотоники: умение ориентироваться в современных направлениях нанофизики и нанотехнологии;
- формирование знаний об основных монографиях и ключевых обзорных статей по дисциплине;
- формирование самостоятельных умений и навыков подбирать современную научную литературу по предмету.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- специфические свойства электромагнитных полей, локализованных на нанометровых масштабах, способы их создания и детектирования;
- основы теории прохождения света через субволновое отверстие в металлическом экране, в том числе формулу Бете;
- особенности прохождения света через металлизированные оптоволоконные нановолноводы и цилиндрические субволновые каналы в металле;

- эффект Эббесена для дифракции световых волн на периодической системе нанометровых дырок в металлической пленке;
- поведение электромагнитного поля в конусе с идеально проводящими стенками;
- принципы функционирования микроскопов ближнего поля апертурного и рассеивающего типов;
- основные результаты теории Ми для однородного шара и ее обобщение на случай многослойных концентрических сфер;
- аналитические решения для шара в квазистатическом приближении;
- структуру и свойств металлических наночастиц и кластеров, а также коллоидных полупроводниковых квантовых точек и квантовых ям;
- вид локальной диэлектрической функции благородных металлов с учетом вкладов свободных и связанных электронов;
- основные свойства локализованных поверхностных плазмонов;
- причины размерных эффектов в металлических наночастицах;
- вид спектров поглощения света металлическими нанооболочками с диэлектрическим (полупроводниковым) ядром;
- оптические свойства молекулярных J-агрегатов органических красителей;
- характер спектров поглощения и рассеяния света двухслойными и трехслойными наночастицами с металлическим ядром и внешней J-агрегатной оболочкой;
- физическую основу взаимодействия экситонов Френкеля с дипольными и мультипольными плазмонами в режимах слабой и сильной связи;
- основные компоненты устройства и принцип функционирования OLED;
- процессы и основные механизмы электролюминесценции, в том числе Ферстеровский механизм переноса энергии экситонного возбуждения от органических молекул в транспортных слоях диода квантовых точек;
- специфику органических светодиодов на квантовых точках (QD-OLED).

Уметь:

- выписать формулы для поля электрического диполя в ближней и дальней зонах;
- привести конкретные примеры эванесцентных полей и прокомментировать основные принципы и способы их создания и детектирования;
- дать качественное и количественное объяснение эффекту отсечки волн в цилиндрических волноводах;

- объяснить особенности поведения световых волн в сужающихся оптических зондах ближнего поля;
- прокомментировать основные результаты теории Ми для поглощения и рассеяния света однородным шаром малого радиуса;
- объяснить физические принципы управления оптическими свойствами гибридных наночастиц;
- привести простую формулу для описания положений энергетических уровней в полупроводниковых квантовых точках;
- объяснить принципы действия органических светоизлучающих диодов (OLED) и гибридных светодиодов на квантовых точках (QD-OLED).

Владеть:

- методами описания пропускания световых волн через субволновое отверстие в идеально-проводящем экране;
- аналитическими подходами для расчета прохождения волн через цилиндрические волноводы и сужающиеся оптические зонды ближнего поля;
- основами математического аппарата теории поглощения и рассеяния света малыми частицами;
- простыми аналитическими способами описания структуры энергетических уровней в квантовых точках;
- способом расчета положений локализованных плазмонных резонансов в сферических металлических наночастицах различного порядка мультипольности.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основы субволновой оптики и микроскопии ближнего поля.
- Основы теории поглощения и рассеяния света малыми частицами.
- Структура и свойства металлических наночастиц и кластеров. Локализованные поверхностные плазмоны.
- Оптика гибридных двухслойных и трехслойных наночастиц металл/диэлектрик и металл/полупроводник. Эффекты плазмон-экситонного взаимодействия.
- Структура и оптические свойства полупроводниковых квантовых точек и квантовых ям.
- Органические и гибридные светоизлучающие диоды.

Основная литература:

1. D. W. Pohl, Optics at the nanometre scale, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A, Vol. 362, pp. 701–717 (2004).
2. Л. Новотный, Б. Хехт, Основы нанооптики, М. Физматлит, 2009. - 484 с.
3. В.В. Климов, Наноплазмоника, М. Физматлит, 2010. - 480 с.
4. Nanophotonics and Nanofabrication, edited by M. Ohtsu, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, 2009.
5. Nanophotonics with surface plasmons, edited by V.M. Shalaev and S. Kawata, Elsevier, Amsterdam, First edition, 2007.
6. В.С. Лебедев, Т.И. Кузнецова. Преобразование оптического излучения в поля субволновых масштабов в конусообразных полупроводниковых волноводах. В кн.: «Оптическая спектроскопия и стандарты частоты» под редакцией Е.А.Виноградова и Л.Н. Сеницы, Том 3, Глава 2, Раздел 2.6, сс. 331-356, Издательство института оптики атмосферы СО РАН, Томск 2009.
7. Т.И. Кузнецова, В.С. Лебедев. Прохождение световых волн через наноапертуру цилиндрического волновода. В кн.: «Оптическая спектроскопия и стандарты частоты» под редакцией Е.А. Виноградова и Л.Н. Сеницы, Том 3, Глава 2, Раздел 2.7, сс. 356-400, Издательство института оптики атмосферы СО РАН, Томск 2009.
8. В.И. Ролдугин, Квантоворазмерные металлические коллоидные системы, Успехи химии, Том 69, № 10, сс. 899-923 (2000).
9. W.A. de Heer, The physics of simple metal clusters: experimental aspects and simple models, Rev. Mod. Phys., Vol. 65, № 3, pp. 611-676 (1993).
10. Р.Б. Васильев, Д.Н. Дирин, А.М. Гаськов, Полупроводниковые наночастицы с пространственным разделением носителей заряда: синтез и оптические свойства, Успехи химии, Том 80, № 12, сс. 1190-1210 (2011).
11. D. Bera, L. Qian, T.-K. Tseng, P.H. Holloway, Quantum Dots and Their Multimodal Applications: A Review, Materials, Vol. 3, pp. 2260-2345 (2010).
12. Б.И. Шапиро, “Блочное строительство” агрегатов полиметиновых красителей, Российские нанотехнологии, Том 3, № 3-4, с с. 72-83 (2008).
13. М.Н. Бочкарев, А.Г. Витухновский, М.А. Каткова, Органические светоизлучающие диоды (OLED). – Н. Новгород: ДЕКОМ, 2011. – 364 с.
14. А.Н. Ораевский, Спонтанное излучение в резонаторе, Успехи физических наук, Том 164, №

4, сс. 415-427 (1994).

15. J.S. Biteen, L.A. Sweatlock, H. Mertens, N.S. Lewis, A. Polman, H.A. Atwater, Plasmon-Enhanced Photoluminescence of Silicon Quantum Dots: Simulation and Experiment, J. Phys. Chem. C, Vol. 111, pp. 13372-13377 (2007).

16. К.К. Пучов, Т.Т. Басиев, Ю.В. Орловский, Спонтанное излучение в диэлектрических наночастицах, Письма в ЖЭТФ, Том 88, № 1, сс. 14-20 (2008).

Взаимодействие излучения с веществом

Цель дисциплины:

Целью курса является ознакомление студентов магистратуры МФТИ с современными теоретическими методами исследования процессов взаимодействия оптического излучения (в том числе ультракоротких лазерных импульсов) с атомами, молекулами и наночастицами.

Задачи дисциплины:

- 1) Закрепление у студентов понимания основ физики взаимодействия излучения с веществом;
- 2) Изучение процессов многофотонного возбуждения и ионизации атомов и молекул;
- 3) Освоение теории Келдыша;
- 4) Изучение традиционных и современных методов селективного заселения уровней атомов;
- 5) Ознакомление студентов с принципами лазерного управления квантовыми системами;
- 6) Изучение методов создания коротких лазерных импульсов, обладающих заданными характеристиками.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- Основные представления теории взаимодействия излучения с веществом;
- Основные представления схемы селективного заселения теории многофотонная процессов в атомах и молекулах;
- Основные схемы селективного заселения и основные современные методы лазерного управления.

Уметь:

- Анализировать взаимодействие излучения с атомами и молекулами в рамках приближения вращающейся волны и определять условия адиабатичности при переходах в такой системе;
- Выбирать наиболее подходящий метод для селективного заселения состояний атомов и молекул.
- Оценивать характер и скорости многофотонных процессов при взаимодействии атомов и молекул с лазерным излучением, а также основные параметры излучения высоких гармоник опровергающего такие процессы.

Владеть:

- Математическим аппаратом теории взаимодействия излучения с веществом
- Теоретическими основами современных методов лазерного управления.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основные представления теории взаимодействия излучения с веществом.
- Адиабатические схемы селективного заселения.
- Многофотонное возбуждение атомов и молекул.
- Динамический эффект Штарка.
- Многофотонная ионизация атомов лазерным излучением.
- Надпороговая ионизация атомов.
- Селективная фотофизика и фотохимия.
- Принципы когерентного лазерного управления.
- Управление программируемыми широкополосными импульсами.

Основная литература:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Квантовая механика (Наука, Москва, 1974).
2. Н. Б. Делоне, В. П. Крайнов «Атом в сильном световом поле» (Энергоатомиздат, Москва, 1986).
3. В. С. Летохов, В. П. Чеботарев, «Принципы нелинейной лазерной спектроскопии» (Наука, Москва, 1975).
4. Н. Б. Делоне, В. П. Крайнов Нелинейная ионизация атомов лазерным излучением (Физматлит, Москва 2001).
5. K. Bergmann, H. Theuer and B. W. Shore, Rev. Mod. Phys. 70, 1003 (1998).
6. Л. В. Келдыш, ЖЭТФ 47 1945 (1964).

История, философия и методология естествознания

Цель дисциплины:

приобщить студентов к историческому опыту мировой философской мысли, дать ясное представление об основных этапах, направлениях и проблемах истории и философии науки, способствовать формированию навыков работы с предельными вопросами, связанными с границами и основаниями различных наук и научной рациональности, овладению принципами рационального философского подхода к процессам и тенденциям развития современной науки.

Задачи дисциплины:

- систематизированное изучение философских и методологических проблем естествознания с учетом историко-философского контекста и современного состояния науки;
- приобретение студентами теоретических представлений о многообразии форм человеческого опыта и знания, природе мышления, соотношении истины и заблуждения;
- понимание роль науки в развитии цивилизации, соотношение науки и техники и связанные с ними современные социальные и этические проблемы, умение различать исторические типы научной рациональности, знать структуру, формы и методы научного познания в их историческом генезисе, современные философские модели научного знания;
- знакомство с основными научными школами, направлениями, концепциями, с ролью новейших информационных технологий в мире современной культуры и в области гуманитарных и естественных наук;
- понимание смысла соотношения биологического и социального в человеке, отношения человека к природе, дискуссий о характере изменений, происходящих с человеком и человечеством на рубеже третьего тысячелетия;
- знание и понимание диалектики формирования личности, ее свободы и ответственности, своеобразие интеллектуального, нравственного и эстетического опыта разных исторических эпох.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- структуру естественных и социо-гуманитарных наук, специфику их методологического

аппарата;

- соотношение принципов и гипотез в построении научных систем и теорий;
- основы современной научной картины мира, базовые принципы научного познания и ключевые направления междисциплинарных исследований;
- концепции развития науки и разные подходы к проблеме когнитивного статуса научного знания;
- проблему материи и движения;
- понятия энергии и энтропии;
- проблемы пространства–времени;
- современные проблемы физики, химии, математики, биологии, экологии;
- великие научные открытия XX и XXI веков;
- ключевые события истории развития науки с древнейших времён до наших дней;
- взаимосвязь мировоззрения и науки;
- проблему формирования мировоззрения;
- систему интердисциплинарных отношений в науке, проблему редукционизма в науке;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- о Вселенной в целом как физическом объекте и ее эволюции;
- о соотношении порядка и беспорядка в природе, о проблемах нелинейных процессов и самоорганизующихся систем;
- динамические и статистические закономерности в природе;
- о роли вероятностных описаний в научной картине мира;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания для создания технических устройств;
- особенности биологической формы организации материи, принципы воспроизводства и развития живых систем;
- о биосфере и направлении ее эволюции.

Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- применять методологию естествознания при организации конкретных исследований;
- дать панораму наиболее универсальных методов и законов современного естествознания.

Владеть:

- научной методологией как исходным принципом познания объективного мира;
- принципами выбора адекватной методологии исследования конкретных научных проблем;
- системным анализом;
- знанием научной картины мира;
- понятийным и методологическим аппаратом междисциплинарных подходов в науке.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Возникновение и развитие науки на Западе и на Востоке
- Методология научного и философского познания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах социального и гуманитарного знания
- Наука, религия, философия
- Проблема кризиса культуры в научном и философском дискурсе
- Наука и философия о природе сознания

Основная литература:

1. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 3. От Возрождения до Канта / С. А. Мальцева, Д. Антисери, Дж. Реале .— СПб. : Пневма, 2004, 2010 .— 880 с.
2. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале ; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003. — Т. 1-2: Античность и Средневековье. - 2003. - 688 с.
3. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 4 / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003, 2008 .— 880 с.
4. Западная философия от истоков до наших дней [Текст]: [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2004 .— Т. 3: От Возрождения до Канта. - 2004. - 880 с.
5. Философия [Текст] : Хрестоматия / сост. П. С. Гуревич .— М. : Гардарики, 2002 .— 543 с.
6. Философия науки [Текст] : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2015 .— 512 с

Квантовая информатика

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области квантовых вычислений и квантовой теории информации.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области квантовых вычислений и квантовой теории информации, изучение применения квантовых схем для решения задачи факторизации, задач безопасной передачи информации по квантовым каналам и разработки алгоритмов для квантовых компьютеров;
 - изучение перепутанных состояний, парадокса ЭПР, неравенства Белла и трехчастичных перепутанных состояний;
 - ознакомление с физическими реализациями кубитов и примерами квантовых вычислений.
- Ознакомление с однофотонными линиями в квантовых коммуникационных системах;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области квантовых вычислений и квантовой теории информации в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы теории информации, основные методы преобразования кубитов, основные квантовые алгоритмы (квантовые цепочки), принцип локальности, неравенства Белла, основные протоколы передачи квантовой информации с помощью однофотонных линий.

Уметь:

- формировать квантовые цепочки, решать теоретические задачи в рамках курса, находить аналогии в широком кругу квантовых систем, позволяющие реализовывать новые алгоритмы.

Владеть:

- методами расчета квантовых цепочек и преобразования волновых функций, основными методами квантовой логики, методами коррекции ошибок, методами описания интерференционных и перепутанных состояний.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение, понятие информации, бита, кубита.
- Основы теории информации.
- Однокубитные операции.
- Теорема о запрете клонирования.
- Алгоритм коррекции ошибок.
- Операции над несколькими кубитами.
- Квантовое Фурье-преобразование и алгоритм Шора.
- Физическая реализация кубитов.
- Перепутанные состояния.
- Основы квантовой криптографии.

Основная литература:

1. Д. Бфуместер, А. Экерт, А. Цайлингер “Физика квантовой информации”, Москва, Постмаркет, 2002 – 376 с.
2. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. —М.: Мир, 2006.
3. Кайе Ф., Лафлам Р., Моска М. Введение в квантовые вычисления. —М.–Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009. 364 с.
4. Чивилихин С.А. Квантовая информатика. Учебное пособие, ИТМО. — С.-Петербург, 2009. 80 с.

Квантовая оптика

Цель дисциплины:

– дать студентам базовые знания в области квантовой оптики – важнейшем разделе современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые используют лазерное излучение и выполняют измерения высокой чувствительности.

Задачи дисциплины:

– ознакомить студентов с основными приемами квантовых измерений в оптике и основными проявлениями квантовых свойств излучения. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов квантовых эффектов.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перечень и свойства основных квантовых состояний света, применяемых в качестве моделей при описании лазерного излучения;
- правила и способы расчета квантовых состояний излучения при его преобразовании элементами нелинейной оптики;
- основные методы фотоприема.

Уметь:

- рассчитывать квантовые шумы фотоприема в сравнении с другими шумами фотоприемных устройств;
- выбирать эффективные пути расчетов квантовых эффектов в рамках шредингеровского, либо гайзенберговского описаний;
- анализировать опыты с одиночными фотонами.

Владеть:

- методами оценок и количественного анализа квантовых явлений в оптических установках и приборах;
- приемами расчета квантовой динамики световых пучков в простейших случаях линейного взаимодействия света со средами.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Особенности квантовой оптики как раздела квантовой физики.
- Методы фотоприема и квантовый шум фотодетекторов.
- Основные квантовые состояния света.
- Преобразование квантовых состояний света элементами линейной оптики.
- Источники неклассических состояний света.
- Особые методы измерений в квантовой оптике.

Основная литература:

1. Мандель Л., Вольф Е. Оптическая когерентность и статистика фотонов. Москва, «Физматлит», 2000.
2. Скалли М.О., Зубайри М.С. Квантовая оптика. Москва, «Физматлит», 2003.

3. Mark Fox. Quantum Optics. An Introduction. OXFORD, University Press, 2006.

4. U.Leonhardt. Essential Quantum Optics. Cambridge University Press, 2010.

Методы физической и квантовой оптики

Цель дисциплины:

Целью данного курса является обучение студентов современным экспериментальным методам исследования оптических и спектральных свойств различных систем, а также ознакомление студентов с основными проблемами, стоящими перед современной оптикой, спектроскопией, лазерной физикой и физикой взаимодействия излучения с веществом.

Задачи дисциплины:

- Изучение основных современных методик оптического эксперимента;
- Рассмотрение особенностей конкретных методик, их преимуществ и ограничений;
- Обзор актуальных задач современной оптики и спектроскопии;
- Формирование у студентов навыков выступления на научных семинарах;
- Расширение кругозора студентов.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные направления передовых исследований в области нелинейной и квантовой оптики, лазерной физики, спектроскопии конденсированного состояния, нанооптики и физике взаимодействия электромагнитного излучения с веществом;
- Преимущества и недостатки экспериментальных методик, применяемых в современных оптических исследованиях;
- Принципы функционирования основных типов установок, использующихся для выполнения оптических измерений.

Уметь:

- Выбирать экспериментальные методики, наиболее подходящие для выполнения требуемых

измерений;

- Ориентироваться в перспективных направлениях современных оптических исследований;
- Быстро осваивать новые методики.

Владеть:

- Теоретическими основами основных методов проведения оптических измерений.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Фурье спектроскопия.
- Низкотемпературная люминесценция.
- Спектроскопия рассеяния света.
- Модуляционная спектроскопия
- Методы pump-probe (возбуждение-зондирование).
- Конфокальный микроскоп.
- Лазерный пинцет (оптическая ловушка).
- Лазерное охлаждение.

Основная литература:

1. П. Ю, М. Кардона. Основы физики полупроводников. Под редакцией Б.П. Захарчени. Москва, Физматлит (2002)
2. D. A. Bonnell, D. N. Basov, M. Bode, U. Diebold, S. V. Kalinin, V. Madhavan, L. Novotny, M. Salmeron, U. D. Schwarz, and P. S. Weiss. Imaging physical phenomena with local probes: From electrons to photons. Rev. Mod. Phys. 84, 1343 (2012)
3. F. J. García de Abajo. Optical excitations in electron microscopy. Rev. Mod. Phys. 82, 209 (2010)
4. В.М. Агранович, Ю.Н. Гартштейн. Пространственная дисперсия и отрицательное преломление света. 176, 1051 (2006)
5. C. E. Wieman, D. E. Pritchard, and D. J. Wineland. Atom cooling, trapping, and quantum manipulation. Rev. Mod. Phys. 71, 253 (1999)
6. R. Ulbricht, E. Hendry, J. Shan, T. F. Heinz, and M. Bonn. Carrier dynamics in semiconductors studied with time-resolved terahertz spectroscopy. Rev. Mod. Phys. 83, 543 (2011)
7. S. M. Block, Making light work with optical tweezers, Nature 360, 493 (1992)

Молекулярная спектроскопия

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в обучении студентов старших курсов МФТИ базовым представлениям теории молекул, структуре спектров молекулярных соединений, а также основным теоретическим подходам, используемым при описании процессов взаимодействия света с молекулами. Успешное освоение материалов данного курса должно позволить выпускникам свободно ориентироваться в актуальных вопросах молекулярной спектроскопии.

Задачи дисциплины:

- 1) Освоение основ молекулярной спектроскопии.
- 2) Переход от рассмотрения отдельных атомов к изучению процессов, происходящих при взаимодействии света с системами, состоящими из двух и более атомов.
- 3) Ознакомление студентов с современными теоретическими методами, используемыми при количественном описании спектров двух- и многоатомных молекул.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- Основные представления теории молекул;
- Структуру молекулярных спектров;
- Теоретические основы молекулярной спектроскопии;
- Современные методики определения спектральных свойств молекулярных систем.

Уметь:

- Определять электронные термы и волновые функции двухатомных молекул;
- Расшифровывать экспериментально полученные спектры молекул;
- Вычислять относительные и абсолютные величины интенсивностей излучаемого и рассеиваемого излучения.

Владеть:

- Математическим аппаратом молекулярной спектроскопии;
- Теоретическими основами современных методик молекулярной спектроскопии.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основные представления теории молекул.
- Методы вычисления электронных термов и их расщеплений.
- Структура колебательно-вращательных уровней энергии молекулы.
- Неадиабатические переходы.
- Излучение и поглощение света на связанно-связанных переходах.
- Комбинационное (рамановское) рассеяние.
- Свободносвязанные и свободно-свободные радиационные переходы в двухатомной молекуле.
- Основы нелинейной молекулярной спектроскопии.
- Многоатомные молекулы.

Основная литература:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Квантовая механика (Наука, Москва, 1974).
2. В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский, Квантовая электродинамика (Наука, Москва, 1980).
3. М.А.Ельяшевич, Атомная и молекулярная спектроскопия, Издание второе. Москва: Эдиториал УРСС, 2001.
4. Г.Герцберг, Спектры и строение двухатомных молекул, Москва: Издательство иностранной литературы, 1949.
5. Z. Wang and H. Xia, Molecular and laser spectroscopy, Springer-Verlag 1991.

Нелинейная оптика

Цель дисциплины:

– дать студентам базовые знания в области нелинейной оптики – важнейшем разделе современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые могут использовать лазерное излучение для проведения исследований.

Задачи дисциплины:

– ознакомить студентов с основными механизмами нелинейного взаимодействия света со

средами и основными проявлениями нелинейных механизмов при распространении лазерных пучков. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов нелинейных эффектов.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перечень основных механизмов нелинейного взаимодействия света со средами;
- классификацию эффектов проявления нелинейного взаимодействия света со средами;
- основные методы количественного описания нелинейных эффектов;
- основные примеры использования нелинейно-оптических явлений в современной лазерной технике и аппаратуре.

Уметь:

- оценивать возможные вклады нелинейных механизмов в реальных лазерных установках и приборах;
- выявлять доминирующие нелинейные механизмы в конкретных условиях работы лазерных установок и приборов;
- предлагать меры по устранению либо усилению нелинейно-оптических эффектов.

Владеть:

- методами оценок и количественного анализа нелинейных явлений в оптических лазерных установках и приборах;
- приемами практического выявления нелинейных эффектов и управления ими в лазерных установках и оптических измерительных схемах.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Нелинейные механизмы взаимодействия света со средами.
- Нерезонансные нелинейные явления второго порядка.
- Нерезонансные нелинейные явления третьего порядка.
- Резонансные нелинейные явления.
- Явления вынужденного рассеяния света.
- Другие нелинейные явления.

Основная литература:

1. Boyd R.W. Nonlinear Optics. Academic Press, 1992. 2-nd Edition: Academic Press, 2003.
2. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. «Наука», М., 1989.
3. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. «Радио и Связь», М., 1982. 2-е изд. (перераб. и дополн.): Физматлит, М., 2004.
4. Шуберт М., Вильгельми Б. Введение в нелинейную оптику. «Мир», М., 1973.
5. Цернике Ф., Мидвинтер Дж. Прикладная нелинейная оптика. «Мир», М., 1976.
6. Ахманов С.А., Хохлов Р.В. Проблемы нелинейной оптики. ВИНТИ, М., 1965.
7. Бломберген Н. Нелинейная оптика. «Мир», М., 1966.

Прецизионные измерения

Цель дисциплины:

– представить на глубоком уровне основные теоретические и экспериментальные методы прецизионных измерений и методы описания флуктуаций, ограничивающих точность измерений.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области описания флуктуационных процессов и методов прецизионных измерений в астрофизических и лабораторных исследованиях;
- закрепление у студентов базовых знаний в области квантовой оптики (описание взаимодействия электромагнитного излучения с атомами);
- обучение студентов основным принципам и методам прецизионных измерений в современной физике, описание методов прецизионных измерений в астрофизике и космическом сегменте, тесты Общей теории относительности, представление современных методов синтеза точных сигналов времени и частоты, определение ряда фундаментальных констант, изучение методов захвата и лазерного охлаждения ионов и нейтральных атомов, фундаментальное ограничение точности из-за квантовой природы;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области прецизионных измерений в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы описания флуктуационных процессов в осциллирующих системах;
- принципы передачи сигналов времени и частоты, принципы лазерного охлаждения и захвата атомов и ионов;
- основные методы возбуждения и считывания атомных систем;
- методы измерения оптических частот.

Уметь:

- выполнять анализ шумовых характеристик;
- решать задачи из области прецизионных измерений в лабораторных и астрофизических измерениях;
- выполнять преобразование времени и частоты при передаче сигналов.

Владеть:

- методами описания флуктуаций во временном и спектральном представлении и их взаимном преобразовании;
- методами преобразования частоты и времени в рамках ОТО;
- методами описания лазерного охлаждения и удержания атомов;
- методами расчета взаимодействия атомных систем с резонансным излучением.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Статистические методы описания сигналов с флуктуирующей фазой.
- Общая теория относительности в приложении к передаче сигналов времени и частоты.
- Прецизионные измерения в астрофизике.
- Глобальная система спутниковой навигации.
- Двухуровневая система. Метод Рэмси. Микроволновые стандарты частоты.
- Метод лазерного охлаждения и захвата нейтральных атомов. Прецизионные измерения в ультрахолодных атомах.
- Захват и охлаждение ионов. Уравнения Маттье. Прецизионные измерения в ионных ловушках.
- Прецизионные измерения с использованием методов квантовой логики.
- Измерение оптических частот.
- Приближение к границе точности. Фундаментальные ограничения на точность измерений.
- Захват и охлаждение ионов. Уравнения Маттье. Прецизионные измерения в ионных ловушках.

Основная литература:

1. Ф. Риле “Стандарты частоты”, Москва, Физматлит 2009.
2. В.П. Шляйх “Квантовая оптика в фазовом пространстве”, Москва физматлит 2005.

Современные проблемы естествознания и устойчивого развития.

Теоретическая физика

Цель дисциплины:

дать студентам, поступившим в магистратуру и не имеющим необходимой подготовки по курсам базовой и вариативной части Б.3 кода УЦ ООП блока «Теоретическая физика» знания, необходимые для описания различных физических явлений методами теоретической физики, методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие системы постулатов, положенных в основу теории классической теории поля, квантовой механики и статистической физики, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять как адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению, так и её пределы применимости.

Задачи дисциплины:

- изучение математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- изучение методов решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики;
- изучение методов описания систем заряженных частиц и создаваемых ими электромагнитных полей, в том числе систем взаимодействующих с внешним электромагнитным полем;
- овладение студентами методами релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики для описания свойств различных конкретных физических систем.
- изучение математического аппарата нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач, описывающих микроскопические (квантовые) системы;
- овладение студентами методами нерелятивистской квантовой механики одночастичных систем.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- постулаты и принципы специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики, методы описания релятивистских частиц и систем заряженных частиц, а также электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами и взаимодействующего с ними;
- основные уравнения и свойства электромагнитного поля;
- основные методы математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической электродинамики: трехмерную тензорную алгебру, векторный анализ и аппарат четырехмерных векторов и тензоров;
- основные методы решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики, включая движение заряженных частиц в электромагнитном поле и создание поля системами заряженных частиц;
- методы и способы описания излучения электромагнитных волн системами заряженных частиц;
- методы описания рассеяния электромагнитных волн заряженными частицами.
- постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений.

Уметь:

- пользоваться аппаратом трехмерного векторного анализа;
- пользоваться аппаратом трехмерной тензорной алгебры;
- пользоваться аппаратом четырехмерных векторов и тензоров;
- решать кинематические задачи с участием релятивистских частиц;
- решать задачи о движении релятивистских заряженных частиц в заданном внешнем электромагнитном поле различной конфигурации;
- применять метод мультипольных моментов для решения задач электростатики и магнитостатики;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн системами нерелятивистски движущихся заряженных частиц, используя мультипольные моменты;

- решать задачи про излучение электромагнитных волн релятивистски движущимися заряженными частицами.
- определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
- определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
- решать простые модельные задачи и применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей проникновения в одномерных потенциалах;
- применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
- применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;

Владеть:

- основными методами математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами систем заряженных частиц, взаимодействующих с электромагнитным полем, так и со свойствами самого электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами
- основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Принцип относительности и преобразования Лоренца. Четырехмерное псевдоевклидово пространство Минковского и математический аппарат теории относительности
- Движение свободной релятивистской частицы и релятивистская кинематика
- Классическая система зарядов в электромагнитном поле
- Уравнения Максвелла как обобщение опытных фактов
- Энергия системы зарядов в электромагнитном поле.
- Свободное электромагнитное поле. Излучение
- Математический аппарат квантовой механики, теория представлений

- Уравнение Шредингера и его свойства. Временная эволюция физической системы. Симметрии в квантовой механике и законы сохранения
- Момент импульса
- Задача двух тел. Движение в поле центрально-симметричного потенциала
- Квазиклассическое приближение
- Стационарная теория возмущений. Метод функции Грина. Теория рассеяния. Борновское приближение.
- Нестационарная теория возмущений. Представление взаимодействия

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля. — М.: Наука, 1988.
2. Белоусов Ю.М. Методы теоретической физики. Часть 1. — М.: МФТИ, 2010.
3. Белоусов Ю.М. Курс квантовой механики. Нерелятивистская теория. — М.: МФТИ, 2006.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. — М.: Наука, 2002.
5. Белоусов Ю.М., Бурмистров С.Н., Тернов А.И. Задачи по теоретической физике. — Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012.
6. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. — М.: Наука, 1981.

Физика наноструктур

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по геометрии для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания;
- формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики наноструктур как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов основным принципам и подходам области физики наноструктур и

освоение основных теоретических методов, применимых в этой области физики;

- формирование правильных теоретических подходов к выполнению исследований студентами в области физики наноструктур в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы физики и математики;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- ☐ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☐ новейшие открытия естествознания;
- ☐ постановку проблем моделирования физических процессов, протекающих в твердых телах;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

Уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ планировать оптимальное проведение эксперимента.

Владеть:

- ☐ планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ математическим моделированием физических задач.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основные понятия о наноструктурах и способах их изготовления.
- Экспериментальные подходы по исследованию наноструктур.

- Оптические свойства наноструктур.
- Оптические свойства фотонных структур и метаматериалов.
- Неупругая туннельная спектроскопия в СТМ.

Основная литература:

1. Грундман М. «Основы физики полупроводников. Нанофизика и технические приложения».

Москва, Физматлит, 2012 (пер. с английского). 771 с