

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы лазерной спектроскопии
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра нанооптики и спектроскопии
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.А. Мельников, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры нанооптики и спектроскопии 04.04.2023

Аннотация

Спектроскопия – это наука об исследовании квантовых объектов с помощью света. «Долазерные» методы ограничивались эмиссионной спектроскопией, абсорбционной спектроскопией и спектроскопией комбинационного рассеяния. Предмет данного курса – наука о новых методах спектроскопии, которые стали возможны только в результате появления лазеров, а также о способах повышения эффективности классических подходов с помощью лазеров. Курс даёт знания об основных фундаментальных процессах в спектроскопии и о методах, позволяющих решать задачи, требующие высокой чувствительности, высокой селективности, высокого спектрального либо временного разрешения. Курс логически развивает «Введение в специальность» (5-6 семестры бакалавриата) и конкретизирует в качестве актуальных примеров некоторые специфические пункты курсов бакалавриата «Атомная спектроскопия» (7-й семестр), «Молекулярная спектроскопия» (8-й семестр), «Квантовая оптика» (8-й семестр), «Физика лазеров» (7-8 семестры).

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение современных методов спектроскопии с использованием лазеров, с акцентом на те методы, которые до появления лазеров были невозможны. Важность данного курса продиктована необходимостью в подготовке для высшей школы, научных учреждений и промышленности высококвалифицированных специалистов в области современной оптики и спектроскопии, которая немыслима без использования продвинутых лазерных методов.

Задачи дисциплины

- формирование у студентов знаний по основам теории взаимодействия лазерного излучения с веществом, понимания места многочисленных современных экспериментальных методов, способности самостоятельно ставить и решать конкретные исследовательские задачи.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные концепции, лежащие в основе применения лазерного излучения в спектроскопии различных объектов, теорию фундаментальных процессов в спектроскопии, а также основные методы, демонстрирующие такие качества, как сверхвысокая чувствительность, сверхвысокая селективность, сверхвысокое спектральное разрешение, сверхвысокое временное разрешение.

уметь:

- выбирать адекватный метод для решения конкретной физической задачи.

владеть:

- математическим аппаратом в той мере, которая позволяет получать решение конкретной практической задачи исходя из первых принципов и основных уравнений фундаментальных дисциплин,
- в основном, квантовой механики и электродинамики.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Спонтанное излучение.	1			1
2	Индукцированное излучение и поглощение.	1			1
3	Правила отбора для излучения и поглощения.	1			1
4	Когерентное излучение атомного ансамбля.	1			1
5	Когерентное возбуждение.	3			3
6	Квазиэнергия.	1			1
7	Совместное описание возбуждения и релаксации.	2			2
8	Многофотонный резонанс.	1			1
9	Спонтанное и вынужденное рассеяние.	2			2
10	Когерентное рассеяние.	2			2
11	Фотонное эхо.	2			2
12	Сверхчувствительное детектирование.	1			1
13	Флуоресцентная спектроскопия.	1			1

14	Фотоионизационная спектроскопия.	1			1
15	Абсорбционная спектроскопия.	1			1
16	Другие методы спектроскопии возбуждения.	1			1
17	От некогерентных методов к когерентным.	1			1
18	Спектроскопия высокой селективности.	1			1
19	Исключение спектральной неоднородности.	1			1
20	Селективность по элементам, соединениям, хромофорам и окружению.	1			1
21	Спектроскопия высокого спектрального разрешения.	1			1
22	Субдоплеровская спектроскопия.	1			1
23	Метод разнесенных световых полей.	1			1
24	Спектроскопия временного разрешения.	1			1
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Спонтанное излучение.

Скорость спонтанного распада. Метастабильные состояния. Спектр спонтанного излучения. Эффект Доплера и эффект отдачи. Особенности спектра при каскадных переходах с близкой частотой.

2. Индуцированное излучение и поглощение.

Коэффициенты Эйнштейна. Сечение индуцированных переходов. Форма линии поглощения. Кинетика индуцированных переходов. Населённости уровней в стационарном режиме.

3. Правила отбора для излучения и поглощения.

Электродипольное приближение. Правила отбора по четности и угловому моменту. Приближенные правила отбора для атомов и молекул. Примеры слабых переходов. Двухфотонный распад 2s-состояния в атоме водорода.

4. Когерентное излучение атомного ансамбля.

Суперпозиционные состояния. Макроскопическая поляризация. Интенсивность и фаза когерентного излучения. Дифракционная расходимость. Сверхизлучение Дике.

5. Когерентное возбуждение.

Приближение вращающейся волны (резонансное приближение). Уравнения для амплитуд вероятности. Осцилляции Раби в случае точного резонанса. $\pi/2$ - и π -импульс. Векторная модель. Адиабатическое следование при большой отстройке частоты поля от частоты перехода. Инвертирование населённости при свипировании частоты поля через резонанс.

6. Квазиэнергия.

Решения уравнения Шредингера с гамильтонианом, периодически зависящим от времени. Квазиэнергетические состояния. Неоднозначность квазиэнергии. Спектр и скорости спонтанных переходов между квазиэнергетическими состояниями. Реальное и виртуальное возбуждение.

7. Совместное описание возбуждения и релаксации.

Кинетические уравнения, описывающие релаксацию населённостей. Матрица плотности. Релаксация недиагональных элементов. Чисто фазовая релаксация. Уравнения Блоха для элементов матрицы плотности. Модель "атом-термостат". Модель "атом-буфер". Переход от когерентного возбуждения к некогерентному. Особенности описания при наличии переходов с близкими частотами.

8. Многофотонный резонанс.

Эффективная двухуровневая система. Штарковский сдвиг уровней. Оптимальная частота поля. Многофотонная частота Раби. Адиабатическое инветирование населённости. Бигармоническое возбуждение. Когерентное пленение населённости. Отличие многоступенчатого возбуждения от многофотонного.

9. Спонтанное и вынужденное рассеяние.

Упругое рассеяние. Комбинационное (рамановское) рассеяние (КР). Правила отбора. Альтернативный запрет. Стоксово и антистоксово КР. Сечение рассеяния. Резонансное КР. Гиперкомбинационное рассеяние. Вынужденное КР (ВКР). Усиленное ВКР.

10. Когерентное рассеяние.

Суперпозиционные состояния на комбинационном (или двухфотонном) переходе. Макроскопическая комбинационная (или двухфотонная) поляризация. Стоксова и антистоксова компоненты когерентного рассеяния при наличии комбинационной поляризации. Условие согласования фаз. Когерентное антистоксово рассеяние света (КАРС). Задержанное КАРС. Четырехволновое смешение. Отражение бегущей волны от стоячей (обращение волнового фронта). Трехволновое смешение в нецентросимметричных средах. Генерация суммарной и разностной частот. Генерация гармоник.

11. Фотонное эхо.

Необходимые условия возникновения фотонного эха. Двухимпульсное эхо. Векторная модель. Отсутствие эха для гармонического осциллятора. Двухимпульсное эхо в трёхуровневой системе. Варианты трёхимпульсного эха. Индуцированное (стимулированное) эхо. Использование фотонного эха для измерения релаксационных процессов.

12. Сверхчувствительное детектирование.

Применения в задачах атомной, молекулярной и ядерной физики, аналитической химии, геохимии, контроля окружающей среды, биологии и медицины. Проблема детектирования единичных атомов и молекул. Спектроскопия возбужденных состояний. Дистанционное зондирование. Лидары.

13. Флуоресцентная спектроскопия.

Квантовый выход флуоресценции. Измерение спектров одно- и двухфотонного возбуждения. Измерение спектров флуоресценции. Предельная чувствительность метода при циклическом взаимодействии. Детектирование одиночных атомов. Наблюдение квантовых скачков. Наблюдение одиночных молекул в матрицах. Особенности флуоресцентного метода в инфракрасном (ИК) диапазоне. Ап-конверсия.

14. Фотоионизационная спектроскопия.

Основные схемы возбуждения. Эффективные способы фотоионизации из возбужденных состояний атомов. Использование автоионизационных состояний. Использование ридберговских состояний. Детектирование одиночных атомов. Спектроскопия редких радиоактивных изотопов. Десорбционно-фотоионизационная спектроскопия с использованием времяпролетной масс-спектрометрии. Увеличение квантового выхода фотоионизации молекул при использовании ультракоротких лазерных импульсов.

15. Абсорбционная спектроскопия.

Стационарное поглощение. Измерение пропускания. Многопроходные кюветы. Внутривибраторный метод. Квантовый шум и предельная чувствительность абсорбционной спектроскопии. Измерение слабого сигнала на сильном фоне как основная принципиальная трудность.

16. Другие методы спектроскопии возбуждения.

Оптомеханический метод. Опторифракционные методы. Тепловая линза. Фазочувствительное детектирование. Оптоакустический метод. Оптогальванический метод. Фотоотклонение.

17. От некогерентных методов к когерентным.

Регистрация когерентного излучения на долгоживущих (в частности, ИК) переходах. Гетеродинамирование сигнала. Детектирование в плазмах, флуоресцирующих средах и плазме. Чувствительность метода КАРС по сравнению со спонтанным КР. Когерентное гипер-КР для измерения спектров "молчащих" колебательных мод в молекулах.

18. Спектроскопия высокой селективности.

Дифференцирование спектра как общий метод подавления широкого бесструктурного неселективного резонансного фона. Интерферометрия. Частотная модуляция. Штарковская спектроскопия. Магнитный резонанс. Поляризационная спектроскопия. Фарадеевская спектроскопия. Применение методов дифференцирования спектра в задачах абсорбционной спектроскопии и спектроскопии усиленного ВКР. Стробирование во времени как общий метод подавления нерезонансного неселективного фона. Задержанная флуоресценция. Задержанное КАРС.

19. Исключение спектральной неоднородности.

Измерение однородного уширения линии; измерение фундаментальной частоты перехода; обнаружение структуры, скрытой неоднородным уширением. Методы двойного резонанса. Эффект Ханле. Метод квантовых биений. Применения фотонного эха.

20. Селективность по элементам, соединениям, хромофорам и окружению.

Задача селективного детектирования малых концентраций в присутствии фона с близко расположенными линиями поглощения. Использование дополнительных селективных процессов: многоступенчатое возбуждение, масс-спектрометрия, хроматография. Создание искусственного изотопического сдвига при ускорении пучков. Применение резонансного КР для селективного детектирования хромофоров. Неоднородное уширение спектров молекул в конденсированной фазе. Фотохимическое выжигание провалов. Генерация 2-ой гармоники на поверхности.

21. Спектроскопия высокого спектрального разрешения.

Общие цели получения узких резонансов. Прецизионные измерения спектроскопических постоянных. Сверхтонкая и изотопическая структура. Исследование эффектов Штарка и Зеемана. Измерение Лэмбовского сдвига. Измерение физических постоянных. Лазерная метрология. Стандарты частоты. Применение атомных и молекулярных пучков, охлажденных молекулярных струй. Сужение распределения по скоростям при ускорении пучков. Лазерное охлаждение ионов в ловушках. Замедление и охлаждение атомных пучков резонансным световым давлением. Лазерные ловушки для атомов. Методы получения бесфононных линий в конденсированной фазе.

22. Субдоплеровская спектроскопия.

Приложение общих методов исключения спектральной неоднородности. Узкие резонансы в спектроскопии насыщения. Лэмбовский провал. Узкий резонанс в стоячей волне на двухфотонном переходе.

23. Метод разнесенных световых полей.

Пролетное уширение линий. Схема Рамзи для устранения пролетного уширения. Идея Рамзи в сочетании с методами когерентной спектроскопии. Узкий резонанс эхо-сигнала когерентного излучения в результате пролета через разнесенные световые лучи.

24. Спектроскопия временного разрешения.

Наблюдение динамики в реальном времени и задачи атомной и молекулярной спектроскопии, химической физики, физики конденсированных сред, биофизики. Релаксация отдельных состояний. Измерение времен жизни. Применение когерентных эффектов. Индуцированное фотонное эхо. Вращательная и колебательная релаксация в молекулярных газах, передача возбуждения. Применение методов двойного резонанса. Релаксация поляризации. Задачи, требующие пикосекундного и субпикосекундного временного разрешения. Релаксация электронного возбуждения в молекулах и конденсированных средах. Молекулярная динамика. Мономолекулярный распад. Внутримолекулярная релаксация колебательной энергии. Спектроскопия и диагностика короткоживущих фрагментов и промежуточных состояний. Перенос энергии и диффузия в конденсированных средах. Стадии фотостимулированных превращений в биологических системах. Фотосинтез. Многообразие применяемых методов: флуоресцентная, фотоионизационная и абсорбционная спектроскопия, спектроскопия КР, когерентная спектроскопия. Ультракороткие лазерные импульсы.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная доской, мелом, проектором и экраном.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Лазерная спектроскопия. Основные принципы и техника эксперимента [Текст]/В. Демтрёдер, -М., Наука, 1985
2. Современная лазерная спектроскопия [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / В. Демтрёдер ; пер. с англ. М. В. Рябининой [и др.] ; под ред. Л. А. Мельникова .— [4-е изд., перераб.] .— Долгопрудный : Интеллект, 2014 .— 1072 с.
3. Нелинейная лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения [Текст]/В. С. Летохов, В. П. Чеботаев, -М., Наука, 1990
4. Атомная физика. Освоение через задачи [Текст], Atomic physics An Exploration Through Problems and Solutions/Д. Будкер [и др.] , -М., Физматлит, 2010

Дополнительная литература

1. Лазерная спектроскопия атомов и молекул [Текст] = Laser spectroscopy of atoms and molecules/под ред. Г. Вальтера , -М., Мир, 1979
2. Нелинейная спектроскопия [Текст], монография/под ред. Н. Бломбергена , -М., Мир, 1979
3. Лазерная и когерентная спектроскопия [Текст]/под ред. Дж. Стейнфелда , -М., Мир, 1982
4. Лазерная аналитическая спектроскопия [Текст]/отв. ред. В. С. Летохов , -М., Наука, 1986
5. Лазерная пикосекундная спектроскопия и фотохимия биомолекул [Текст]/отв. ред. В. С. Летохов , -М., Наука, 1987

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru/catalogue/1447/?t=764> – электронная библиотека Физтеха, раздел «Оптика».
2. <http://lib.mipt.ru/catalogue/94/?t=748> – электронная библиотека Физтеха, раздел «Физика».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Демонстрация презентаций с помощью проектора.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Курс является междисциплинарным и объединяет знания из различных областей физики. Студент, изучающий курс, должен овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания при выборе метода исследования для решения конкретной физической задачи, требующей применения лазера в качестве инструмента для спектроскопии. В ходе изучения дисциплины студент должен самостоятельно пополнять свои знания в рамках ранее изученных дисциплин: классической электродинамики, физической и волновой оптики, квантовой механики и основ квантовой электродинамики, атомной и молекулярной физики. Успешное освоение курса требует работы студента непосредственно на лекции, а также самостоятельной работы для усвоения пройденного материала.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Общая и прикладная физика
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау
кафедра нанооптики и спектроскопии
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: А.А. Мельников, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы лазерной спектроскопии» обучающийся должен:

знать:

- основные концепции, лежащие в основе применения лазерного излучения в спектроскопии различных объектов, теорию фундаментальных процессов в спектроскопии, а также основные методы, демонстрирующие такие качества, как сверхвысокая чувствительность, сверхвысокая селективность, сверхвысокое спектральное разрешение, сверхвысокое временное разрешение.

уметь:

- выбирать адекватный метод для решения конкретной физической задачи.

владеть:

- математическим аппаратом в той мере, которая позволяет получать решение конкретной практической задачи исходя из первых принципов и основных уравнений фундаментальных дисциплин,
- в основном, квантовой механики и электродинамики.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Используются контрольные вопросы на лекциях. Примерный перечень вопросов:

1. Чем определяется сдвиг центральной частоты спектра спонтанного излучения от частоты перехода?
2. Для каких трёх квантовых чисел правила отбора относительно излучения и поглощения света являются строгими в электро-дипольном приближении?
3. При каких условиях когерентное излучение ансамбля возбуждённых атомов сильнее спонтанного?
4. В чём отличие виртуального и реального возбуждения уровней квантовой системы в лазерном поле?
5. Всегда ли стоксово комбинационное рассеяние сильнее антистоксова?
6. Какой метод лазерной спектроскопии целесообразно использовать для измерения колебательно-вращательного спектра моды молекулы, переходы в которой одновременно запрещены относительно поглощения и комбинационного рассеяния?
7. Какая релаксационная константа измеряется при применении двухимпульсного фотонного эха?

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Использование эффекта фотонного эха для измерения скоростей релаксационных процессов.
2. Эффективные способы фотоионизации из возбужденных состояний атомов.
3. Опотермический и опторефракционный методы.
4. Правила отбора для излучения и поглощения по четности и угловому моменту. Приближенные правила отбора.
5. Внутридоплеровская спектроскопия. Узкие резонансы в спектроскопии насыщения.
6. Методы генерации ультракоротких лазерных импульсов. Активная и пассивная синхронизация мод.
7. Когерентное антистоксово рассеяние света. Основные схемы эксперимента.
8. Фотонное эхо. Объяснение эффекта в рамках векторной модели.
9. Оптоакустическая спектроскопия. Область применения. Способы увеличения чувствительности.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Когерентное антистоксово рассеяние света. Основные схемы эксперимента.
2. Фотонное эхо. Объяснение эффекта в рамках векторной модели.
3. Оптоакустическая спектроскопия. Область применения. Способы увеличения чувствительности.

Билет 2.

1. Правила отбора для излучения и поглощения по четности и угловому моменту. Приближенные правила отбора.
2. Внутридоплеровская спектроскопия. Узкие резонансы в спектроскопии насыщения.
3. Методы генерации ультракоротких лазерных импульсов. Активная и пассивная синхронизация мод.

Билет 3.

1. Использование эффекта фотонного эха для измерения скоростей релаксационных процессов.
2. Эффективные способы фотоионизации из возбужденных состояний атомов.
3. Опотермический и опторефракционный методы.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено три вопроса. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.