

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Татарский Да



20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Лазерная спектроскопия Б3.ДВ.8

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Калачев А.А. , Самарцев В.В.

**Рецензент(ы):**

Камалова Д.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный № 61618

Казань

2018

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Калачев А.А. , AAKalachev@kpfu.ru ; Самарцев В.В.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б3.ДВ8 "Лазерная спектроскопия" являются овладение всеми современными методами лазерной спектроскопии; получение глубокого и наглядного представления о многообразии типов лазеров и принципах их работы; знание современных спектральных приборов и приемников света; получение представления о пределе спектрального разрешения на примере оптических резонансов Рамсси; овладение основами применений лазерной спектроскопии в фотохимии, биологии, медицине, в лазерном разделении изотопов и в зондировании атмосферы.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.8 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина Б3.ДВ8 "Лазерная спектроскопия" является базовой частью программы "Общая физика" профессионального цикла (блок Б3) дисциплин для бакалавров по направлению подготовки 011200 "Физика".

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по высшей математике и общей физике (разделы: "Оптика").

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: М2.Р3 "Спектроскопия межмолекулярных взаимодействий", М2.ДВ1 "Фемтосекундная лазерная спектроскопия", М2.ДВ3 "Оптические методы обработки информации".

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

все современные методы лазерной спектроскопии и иметь глубокое и наглядное представление о лазерах и лазерных спектральных приборах.

2. должен уметь:

ставить и решать современные задачи в области лазерной спектроскопии.

3. должен владеть:

навыками работы на лазерной спектральной аппаратуре.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

демонстрировать полученные знания при объяснении экспериментальных данных

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение.	8	1-2	4	0	0	
2.	Тема 2. Взаимодействие излучения с веществом.	8	3-4	4	8	0	
3.	Тема 3. Аппаратура лазерной спектроскопии.	8	5-6	4	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Основные методы лазерной спектроскопии.	8	7-14	14	14	0	
5.	Тема 5. Применение лазерной спектроскопии.	8	15-16	4	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			30	30	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Линейная лазерная спектроскопия (ЛЛС): а. абсорбционная ЛЛС; б. внутрирезонаторная ЛЛС; в. оптико-акустическая ЛЛС; г. флуоресцентная ЛЛС. Основы нелинейной лазерной спектроскопии

### Тема 2. Взаимодействие излучения с веществом.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Характеристики оптического излучения. Основы теории атомных и молекулярных спектров.

#### **практическое занятие (8 часа(ов)):**

Решение задач (время, длина и объем когерентности поля излучения различных источников, сечение резонансного перехода, скорость спонтанного излучения, резонансный коэффициент поглощения, оптическая плотность, сила осциллятора, спектральная объемная плотность мод)

### Тема 3. Аппаратура лазерной спектроскопии.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Источники излучения. Лазеры. Приемники оптического излучения: тепловые приемники, болометры, фото-эмиссионные приемники, фотоэлектронные умножители, фоторезисторы, приемники на фотогальваническом эффекте. Преобразователи изображения:

электронно-оптические, видиконы, суперкремниконы, секоны. Поляризационные устройства: поляризаторы, поляризационные призмы (Николя, Аренса, Глана-Томсона); поляризатор Ямагути. Фазовые пластинки и фазовые компенсаторы. Компенсатор Бабине.

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач (пороговое условие лазерной генерации, спектральная яркость источника, поляризационные преобразования)

### Тема 4. Основные методы лазерной спектроскопии.

#### **лекционное занятие (14 часа(ов)):**

Лазерная поляризационная спектроскопия. Лазерная электронная абсорбционная спектроскопия и ее техника. Двухлучевые спектрофотометры. Лазерная люминесцентная спектроскопия и техника люминесцентных измерений. Лазерная спектроскопия молекулярного рассеяния света. Активная спектроскопия комбинационного рассеяния света. Нелинейная лазерная спектроскопия без допплеровского уширения. а. лазерная спектроскопия насыщения поглощения; б. лазерная спектроскопия выжигания спектральных провалов (Лэмба, Беннета). Двухфотонная лазерная спектроскопия. Эксперименты по измерению лэмбовского сдвига основного состояния водорода. Лазерная спектроскопия пробного поля (трехуровневая спектроскопия). Лазерная интерференционная спектроскопия насыщения. Оптическая эхо-спектроскопия. Однофотонный и двухфотонный резонансы Рамси и оптическая спектроскопия на их основе. Лазерная спектроскопия в двух и трех разнесенных полях. Эксперимент по измерению эффекта отдачи. Лазерное охлаждение газов. Узкие оптические резонансы.

**практическое занятие (14 часа(ов)):**

Решение задач, иллюстрирующих особенности различных методов лазерной спектроскопии.

**Тема 5. Применение лазерной спектроскопии.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Лазерная фотохимия. Лазерное разделение изотопов. Лазерное зондирование атмосферы. Лазерная медицина и биология. Лазерные интерферометры.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач, связанных с расчетом параметров лазерных интерферометров.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Взаимодействие излучения с веществом.	8	3-4	Работа с литературой	6	Отчет или сообщение по теме
3.	Тема 3. Аппаратура лазерной спектроскопии.	8	5-6	Работа с литературой	9	Отчет или сообщение по теме
4.	Тема 4. Основные методы лазерной спектроскопии.	8	7-14	Работа с литературой	24	Отчет или сообщение по теме
5.	Тема 5. Применение лазерной спектроскопии.	8	15-16	Работа с литературой	9	Отчет или сообщение по теме
Итого					48	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, в рамках учебного курса предусмотрена самостоятельная работа, включающая в себя изучение некоторых вопросов по литературе и в сети интернет, в том числе на английском языке, с последующим выступлением перед аудиторией.

Предусмотрены 2 встречи с заведующими лабораторий или руководителями экспериментальных групп КФТИ КазНЦ РАН (возможными работодателями) с проведением мастер-классов.

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

### **Тема 1. Введение.**

### **Тема 2. Взаимодействие излучения с веществом.**

Отчет или сообщение по теме , примерные вопросы:

Примерные темы для самостоятельной работы: зависимость скорости спонтанного излучения от показателя преломления среды, эффект Парсела, степени когерентности, мультипольное излучение, кооперативные переходы, многофотонные переходы. (ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ОК-1)

### **Тема 3. Аппаратура лазерной спектроскопии.**

Отчет или сообщение по теме , примерные вопросы:

Примерные темы для самостоятельной работы: характеристики современных лазеров и других источников излучения, характеристики современной спектроскопической аппаратуры, методы фотодетектирования, микрорезонаторы, нановолокна. (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ОК-1)

### **Тема 4. Основные методы лазерной спектроскопии.**

Отчет или сообщение по теме , примерные вопросы:

Примерные темы для самостоятельной работы: описание эволюции открытых квантовых систем, оптические уравнения Блоха, моделирование методом Монте-Карло, распространение света в резонансной среде, механизмы энергетической и фазовой релаксации. (ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ОК-1)

### **Тема 5. Применение лазерной спектроскопии.**

Отчет или сообщение по теме , примерные вопросы:

Примерные темы для самостоятельной работы: последние достижения в области измерения частотных сдвигов и ширины резонансных линий, филаментация лазерного излучения, фемтосекундная и аттосекундная спектроскопия. (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ОК-1)

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Список экзаменационных билетов:

1. Вопрос 1: Линейная лазерная спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия.

Вопрос 2: Лазеры. Модовая структура лазерного пучка.

2. Вопрос 1: Линейная лазерная спектроскопия. Метод внутрирезонаторной лазерной спектроскопии.

Вопрос 2: Оптическая эхо-спектроскопия

3. Вопрос 1: Линейная лазерная спектроскопия. Метод оптико-акустической лазерной спектроскопии. Флуоресцентный метод лазерной спектроскопии.

Вопрос 2: Нелинейные резонансы Рамзи в трех разнесенных полях

4. Вопрос 1: Лазеры. Твердотельные лазеры. Четырехуровневая схема неодимового лазера.

Вопрос 2: Эффект отдачи. Оптическое охлаждение.

5. Вопрос 1: Волновая функция двухатомных молекул. Дифференциальное перекрытие. Симметричные и несимметричные перекрытия волновых функций.

Вопрос 2: Приемники излучения. Болометр. Фотоэлектрические приемники излучения.

6. Вопрос 1: Источники излучения. Тепловые источники излучения. Газоразрядные источники излучения.

Вопрос 2: Трехуровневая лазерная спектроскопия

7. Вопрос 1: Газовые лазеры. Эксимерные лазеры. Лазеры на красителях.

Вопрос 2: Двухфотонная лазерная спектроскопия

8. Вопрос 1: Фильтрация оптического излучения

Вопрос 2: Нелинейная лазерная спектроскопия без доплеровского уширения. Лазерная спектроскопия насыщения поглощения.

9. Вопрос 1: Поляризационные устройства для оптических измерений.

Вопрос 2: Методика и техника абсорбционной поляризационной спектроскопии

10. Вопрос 1: Люминесцентная спектроскопия. Техника люминесцентных измерений.

Вопрос 2: Спектроскопия молекулярного рассеяния света

11. Вопрос 1: Нелинейная лазерная спектроскопия газов без доплеровского уширения.

Спектральные "провалы" и "дырки" Беннета.

Вопрос 2: Оптические резонансы Рамзи

12. Вопрос 1: Нелинейная лазерная спектроскопия насыщения поглощения. Особенности доплеровского уширения линий газов.

Вопрос 2: Применение лазерной спектроскопии. Лазерное зондирование атмосферы.

13. Вопрос 1: Поляризационная лазерная спектроскопия

Вопрос 2: Радиационное охлаждение атомов. Влияние отдачи фотона на движение атомов.

14. Вопрос 1: Активная спектроскопия комбинационного рассеяния света.

Вопрос 2: Двухфотонный резонанс Рамзи

15. Вопрос 1: Фазовые пластинки. Какие операции осуществляют полуволновая и четвертьволновая фазовые пластины? Фазовый компенсатор Бабине.

Вопрос 2: Лазерная фотохимия и лазерное разделение изотопов.

16. Вопрос 1: Узкие оптические резонансы

Вопрос 2: Фотонный двигатель

## **7.1. Основная литература:**

1. Когерентные переходные процессы в оптике, Евсеев, Игорь Викторович; Рубцова, Наталья Николаевна; Самарцев, Виталий Владимирович, 2009г. С. 536

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2731](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2731)

2. Современная лазерная спектроскопия : [учебное пособие] / В. Демтрёдер ; пер. с англ. М. В. Рябининой [и др.] под ред. Л. А. Мельникова . - Долгопрудный : Интеллект, 2014 . - 1071 с. : ил. ; 24 . - ISBN 978-5-91559-114-0 ((в пер.)) , 500.

3. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Под ред. проф. Ф.Ф. Литвина. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 263 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-005727-9, 200 экз.

<http://znamium.com/catalog.php?bookinfo=352873>

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Степанов Е.В. Диодная лазерная спектроскопия и анализ молекул-биомаркеров, Физматлит, 2009, 416.

<http://e.lanbook.com/view/book/2329/>

2. Богданкевич, О.В. Полупроводниковые лазеры / О.В. Богданкевич . - Москва: Наука, 1976 . - 415с. : ил.

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

RP Photonics Encyclopedia - <http://www.rp-photonics.com/spectroscopy.html>

Ultrafast laser spectroscopy - [http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrafast\\_laser\\_spectroscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrafast_laser_spectroscopy)

Лазерный портал. Раздел по спектроскопии - [http://www.laser-portal.ru/content\\_4](http://www.laser-portal.ru/content_4)

Список статей в УФН по теме - <http://ufn.ru/ru/pacs/42.62.Fi/>

Статья в электронной физической энциклопедии -

[http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/1896.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/1896.html)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Лазерная спектроскопия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Лекционная аудитория со стандартным проекционным оборудованием

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Калачев А.А. \_\_\_\_\_

Самарцев В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Камалова Д.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.