



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Физический факультет
Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Декаан И.М. Буднев
«20» июня 2017 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.7.1 «Лазерная спектроскопия»

Направление подготовки: 03.03.02 «Физика»

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль): «Физика конденсированного состояния»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК физического факультета.
Протокол № 8
от 19 июня 2017 г.

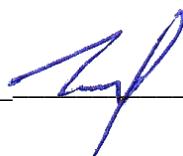
Зам. председателя УМК
В.В. Чумак



Рекомендовано кафедрой
общей и экспериментальной физики.
Протокол №12
от 13 июня 2017 г.

Зав. кафедрой

А.А. Гаврилюк



Иркутск 2017 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины:	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения) ..	4
5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ	4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины.....	4
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	5
5.3. Темы дисциплин и виды занятий	5
6. Перечень практических занятий	7
6.1. План самостоятельной работы студентов	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
7. Примерная тематика реферативных работ.	9
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
<i>а) основная литература</i>	10
<i>б) дополнительная литература</i>	10
<i>в) программное обеспечение</i>	11
<i>г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	11
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:	11
10. Образовательные технологии:	11
11. Оценочные средства (ОС):	11
Приложение: Фонд оценочных средств	

1. Цели и задачи дисциплины

Курс «Лазерная спектроскопия» предназначен для того, чтобы познакомить студентов с теоретическими основами взаимодействия света и вещества, актуальными для лазерной спектроскопии, включая метод матрицы плотности, с экспериментальными методами современной лазерной спектроскопии, включая линейную и нелинейную спектроскопию поглощения, бездоплеровскую спектроскопию, люминесцентную спектроскопию с временным разрешением, спектроскопию комбинационного рассеяния, спектроскопию одиночных квантовых систем, с направлениями развития и приложениями лазерной спектроскопии. Студенты должны получить знания, позволяющие им использовать методы и средства лазерной спектроскопии в своих исследованиях в области конденсированного состояния и в других разделах физики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Лазерная спектроскопия» входит в модуль **Б1.В.ДВ.7.1**, относящийся к вариативной части цикла Б1 основной образовательной программы по направлению: **03.03.02 Физика, профиль “Физика конденсированного состояния”**. Данный спецкурс связан со спецкурсом по атомной и молекулярной спектроскопии, который является вводным курсом к этой дисциплине, а с другой стороны имеет самостоятельное значение для углубленного изучения современных методов и принципов лазерной спектроскопии.

Для успешного усвоения курса лазерной спектроскопии требуется знание курсов оптики, квантовой механики, лазерной физики, методов математического анализа и математической физики, теории функций комплексного переменного и других.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студенты должны усвоить:

- Основные разделы лазерной спектроскопии;
- Ознакомиться с методами и приборами лазерной спектроскопии;
- Иметь представление о современном состоянии дисциплины, проблемах и тенденциях развития.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование **следующих компетенций:**

- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (**ОПК-3**).
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (**ПК-1**);

- способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		7	-	-	-
Аудиторные занятия (всего)	54/1,5	54/1,5	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции			-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	54/1.5	54/1.5	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)			-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	54/1,5	54/1,5	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Подготовка к аудиторным занятиям	54/1,5	54/1,5			
Изучение научной и специальной учебной литературы					
<i>Домашние контрольные работы</i>			-	-	-
Вид аттестации - <u>зачет</u>			-	-	-
Контактная работа:	59/1.64	59,4			
Общая трудоемкость часы	108	108	-	-	-
зачетные единицы	3	3	-	-	-

5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

5.1 Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Квантовомеханические основы взаимодействия света и вещества

1. Состояния квантовой системы. Оператор плотности. Его свойства.
2. Квантовомеханическое среднее значение операторов динамических величин.
3. Квантовое уравнение Лиувилля (уравнение Неймана).
 4. Дифференциальные уравнения для диагональных и недиагональных элементов матрицы плотности.
 5. Производные по времени от средних значений операторов динамических величин.

Раздел 2. Квантовая система в электромагнитном поле

6. Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Мультипольное разложение.
7. Правила отбора по четности для переходов разной мультипольности.
8. Уравнения движения для электрического дипольного перехода.
9. Учет ориентаций квантовых систем. Усреднение по ориентациям. Уравнение второго порядка для электрической поляризации среды в поле электромагнитного излучения.
10. Уравнение для разности населенностей.
11. Волновое уравнение с учетом потерь, не связанных с рассматриваемым переходом. Система дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействие света и вещества.

Раздел 3. Резонансные процессы

12. Резонансные процессы взаимодействия света и вещества. Электрическая восприимчивость. Поглощение и дисперсия. Лоренцева форма спектральной линии.
13. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Коэффициент поглощения, ширина спектральной линии. Значение функции формы в максимуме. Сечение поглощения. Сила осциллятора и правило сумм Томаса-Кюна.
14. Однородное и неоднородное уширение. Эффект Доплера. Ширина доплеровски уширенной линии. Функция Гаусса формы спектральной линии.

Раздел 4. Некоторые методы лазерной спектроскопии

15. Насыщение поглощения. Параметр насыщения. Форма лоренцевой линии при насыщении. Пассивные насыщающиеся оптические затворы.
16. Импульсная инверсия населенностей в двухуровневой среде.
17. Спектроскопия атомных и молекулярных пучков.
18. Резонансы насыщенного поглощения.
19. Метод разнесенных оптических полей.
20. Двухфотонная лазерная спектроскопия.
21. Резонансы поглощения и испускания холодных частиц, захваченных в ловушках.
22. Лазерная спектроскопия спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния.
23. Спектроскопическая идентификация частиц по характеристикам квантовых траекторий интенсивности одночастичной фотолюминесценции.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	Номера тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин (вписываются разработчиком)
1.	Преддипломная практика	1 - 23

5.3. Темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела или темы дисциплины	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ.зан.	Семин	Лаб.зан.	СРС	Всего
1	Состояния квантовой системы. Оператор плотности. Его свойства.		2			3	5
2	Квантовомеханическое среднее		3			2	5

	значение операторов динамических величин.						
3	Квантовое уравнение Лиувилля (уравнение Неймана).		2			3	5
4	Дифференциальные уравнения для диагональных и недиагональных элементов матрицы плотности.		2			2	4
5	Производные по времени от средних значений операторов динамических величин.		3			3	6
6	Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Мультипольное разложение.		2			2	4
7	Правила отбора по четности для переходов разной мультипольности.		3			3	5
8	Уравнения движения для электрического дипольного перехода.		2			2	4
9	Учет ориентаций квантовых систем. Усреднение по ориентациям.		2			3	5
10	Уравнение для разности населенностей.		2			2	4
11	Волновое уравнение с учетом потерь, не связанных с рассматриваемым переходом. Система уравнений, описывающих взаимодействие света и вещества.		3			2	5
12	Резонансные процессы взаимодействия света и вещества. Электрическая восприимчивость. Поглощение и дисперсия. Лоренцева форма спектральной линии.		2			3	5
13	Закон Бугера-Ламберта-Бера. Коэффициент поглощения, ширина спектральной линии. Значение функции формы в максимуме. Сечение поглощения. Сила осциллятора и правило сумм Томаса-Кюна.		2			3	5
14	Однородное и неоднородное уширение. Эффект Доплера. Ширина доплеровски уширенной линии. Функция Гаусса формы спектральной линии.		3			3	6
15	Насыщение поглощения. Параметр насыщения. Форма лоренцевой линии при насыщении. Пассивные насыщающиеся оптические затворы.		2			3	5
16	Импульсная инверсия населенностей в двухуровневой среде.		1			2	3
17	Спектроскопия атомных и молекулярных пучков.					3	3
18	Резонансы насыщенного поглощения.		2			2	4
19	Метод разнесенных оптически полей.		2			2	4

20	Двухфотонная лазерная спектроскопия.		2			3	5
21	Резонансы поглощения и испускания холодных частиц, захваченных в ловушках.		3				3
22	Лазерная спектроскопия спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния.		3			3	6
23	Спектроскопическая идентификация частиц по характеристикам квантовых траекторий интенсивности одночастичной фотолюминесценции.		2				2
	ИТОГО		54			54	108

6. Перечень практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Раздел 1	Квантовомеханические основы взаимодействия света и вещества	14	Экспресс-опрос. Оценки за решение задач	ОПК-3. ПК-1 ПК-2
2	Раздел 2	Квантовая система в электромагнитном поле	16	Экспресс-опрос. Оценки за решение задач	ОПК-3. ПК-1 ПК-2
3	Раздел 3	Резонансные процессы	10	Экспресс-опрос. Оценки за решение задач	ОПК-3. ПК-1 ПК-2
4	Раздел 4	Некоторые методы лазерной спектроскопии	16	Экспресс-опрос. Оценки за решение задач	ОПК-3. ПК-1 ПК-2

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ недели	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Количество часов
1	Состояния квантовой системы. Оператор плотности. Его свойства.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	3
2	Квантовомеханическое среднее значение операторов динамических величин.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение	2

			научной и специальной учебной литературы.	
3	Квантовое уравнение Ливилля (уравнение Неймана).	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	3
4	Дифференциальные уравнения для диагональных и недиагональных элементов матрицы плотности. Производные по времени от средних значений операторов динамических величин.	Вид самостоятельной работы	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	5
5	Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Мультипольное разложение. Правила отбора по четности для переходов разной мультипольности.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	5
6	Уравнения движения для электрического дипольного перехода. Учет ориентаций квантовых систем. Усреднение по ориентациям.	Вид самостоятельной работы	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	5
7	Уравнение для разности населенностей. Волновое уравнение с учетом потерь, не связанных с рассматриваемым переходом. Система уравнений, описывающих взаимодействие света и вещества.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	4
8	Резонансные процессы взаимодействия света и вещества. Электрическая восприимчивость. Поглощение и дисперсия. Лоренцева форма спектральной линии.	Вид самостоятельной работы	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	4
9	Закон Бугера-Ламберта-Бера. Коэффициент поглощения, ширина спектральной линии. Значение функции формы в максимуме. Сечение поглощения. Сила осциллятора и правило сумм Томаса-Кюна.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	4
10	Однородное и неоднородное уширение. Эффект Доплера. Ширина доплеровски уширенной линии. Функция Гаусса формы спектральной линии. Насыщение поглощения. Параметр насыщения. Форма лоренцевой линии при насыщении. Пассивные насыщающиеся оп-	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	8

	тические затворы. Импульсная инверсия населенностей в двухуровневой среде.			
11	Спектроскопия атомных и молекулярных пучков.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	5
12	Метод разнесенных оптических полей. Двухфотонная лазерная спектроскопия. Лазерная спектроскопия спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния.	Внеаудиторная работа	Подготовка к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Изучение научной и специальной учебной литературы.	6
	ИТОГО			54

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении практических работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при подготовке к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, и при изучении научной и специальной учебной литературы.

Самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов также включает в себя подготовку к устным опросам по каждому из изучаемых разделов. Также самостоятельная работа подразумевает систематический подход к обучению, в соответствии с предложенным в разделе 6.1 графиком, что, в свою очередь, способствует получению зачета по данной дисциплине.

7. Примерная тематика реферативных работ.

Рефераты не планируются

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

- 1) **Демтрёдер, Вольфганг.** Современная лазерная спектроскопия [Текст] : учеб. пособие / В. Демтрёдер ; пер. с англ.: М. В. Рябина, Л. А. Мельников, В. Л. Дербов ; ред. Л. А. Мельников. - Долгопрудный : Изд. дом "Интеллект", 2014. - 1071 с. ; 22 см. - ISBN 978-5-91559-114-0. – (2 экз.)
- 2) **Знаменский, Николай Владимирович.** Спектры и динамика оптических переходов редкоземельных ионов в кристаллах / Н. В. Знаменский, Ю. В. Малюкин. - М. : Физматлит, 2008. - 191 с. : граф. ; 22 см. - Библиогр.: с. 179-188. - ISBN 978-5-9221-0947-5. – (2 экз.)
- 3) **Кремерс, Дэвид А.** Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия [Текст] : пер. с англ. / Д. А. Кремерс, Л. Д. Радзиемски ; ред. Н. Б. Зоров. - М. : Техносфера, 2009. - 358 с. : ил., [5] вкл. л. цв. ил. ; 25 см. - (Мир физики и техники). - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 345-358. - ISBN 978-5-94836-235-9. – (2 экз.) *Сверено с №5 ЧГУ*
- 4) **Шалаев А.А.** Основы физического материаловедения [Электронный ресурс] : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0883-5
- 5) **Фриш С. Э.** Оптические спектры атомов [Электронный ресурс] / С. Э. Фриш. - Москва : Лань, 2010. - 644 с. : ил., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике / ред. совет : Ж.И.Алферов (пред.) [и др.]) (Лучшие классические учебники). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Предм. указ.: с.637-640. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-8114-1143-6

б) дополнительная литература

- 1) **Летохов, В. С.** Нелинейная лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения [Текст] : научное издание / В. С. Летохов, В. П. Чеботаев. - М. : Наука, 1990. - 511 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 481-507. - ISBN 5-020-14040-6. – (2 экз.)
- 2) **Малышев, В. А.** Основы квантовой электроники и лазерной техники [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / В. А. Малышев. - М. : Высш. шк., 2005. - 543 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 536-539. - ISBN 5-06-004853-5. – (1 экз.)
- 3) Р.Пантел, Г.Путхоф. Основы квантовой электроники. – М. «Мир», 1972.
- 4) **Ахманов С.А.** Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеяния света: активная спектроскопия рассеяния света [Текст] : научное издание / С. А. Ахманов, Н. И. Коротеев. - М. : Наука, 1981. - 543 с. : ил. ; 21 см. - (Современные проблемы физики). - Библиогр.: с. 513-539. – (3 экз.)
- 5) **Манькин, Э.А.** Оптическая эхо-спектроскопия [Текст] : научное издание / Э. А. Манькин, В. В. Самарцев ; отв. ред. С. А. Ахманов ; АН СССР, Казан. фил., Казан. физ.-техн. ин-т. - М. : Наука, 1984. - 270 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 244-268. – (2 экз.)
- 6) **Л.Аллен, Дж.Эберли.** Оптический резонанс и двухуровневые атомы. - М., 1978.
- 7) **Ельяшевич, М. А.** Атомная и молекулярная спектроскопия [Текст] / М. А. Ельяшевич. - М. : КомКнига, 2006. - 21 см. – [Ч.2] : Атомная спектроскопия. - 3-е изд. - 2006. - 415 с. : ил. - Предм. указ.: с.404-415. - ISBN 5-484-00686-4. – (1 экз.)

в) программное обеспечение

используются стандартные средства MS Windows и MS Office.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>
- 6) В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ДВ.7.1 «Лазерная спектроскопия».

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Демонстрационные материалы: Лазерные элементы, пассивные насыщающиеся лазерные затворы, ионные кристаллы, активированные ионные кристаллы, монокристаллы с центрами окраски. Экскурсия в Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН для ознакомления с экспериментальной техникой лазерной спектроскопии, с пикосекундными, наносекундными и непрерывными лазерными источниками, конфокальным сканирующим флуоресцентным микроскопом с пикосекундным временным разрешением, системами время-коррелированного счета фотонов на базе лавинных фотодиодов, абсорбционными спектрофотометрами и УФ-ИК спектрофлуориметрами.

10. Образовательные технологии:

Классические лекционные и практические занятия, экспресс-опросы.

11. Оценочные средства (ОС):

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Входной контроль не проводится.

11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств ТК выявить сформированность предусмотренных компетенций.

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов:

Перечень контрольных вопросов приведен в таблице 6.1.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме зачета.

Примерный список вопросов к зачету

- 1) Состояния квантовой системы. Оператор плотности. Его свойства.
- 2) Квантовомеханическое среднее значение операторов динамических величин.

- 3) Квантовое уравнение Лиувилля (уравнение Неймана).
- 4) Дифференциальные уравнения для диагональных и недиагональных элементов матрицы плотности.
- 5) Производные по времени от средних значений операторов динамических величин.
- 6) Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Мультипольное разложение.
- 7) Правила отбора по четности для переходов разной мультипольности.
- 8) Уравнения движения для электрического дипольного перехода.
- 9) Учет ориентаций квантовых систем. Усреднение по ориентациям. Уравнение второго порядка для электрической поляризации среды в поле электромагнитного излучения.
- 10) Уравнение для разности населенностей.
- 11) Волновое уравнение с учетом потерь, не связанных с рассматриваемым переходом. Система уравнений, описывающих взаимодействие света и вещества.
- 12) Резонансные процессы взаимодействия света и вещества. Электрическая восприимчивость. Поглощение и дисперсия. Лоренцева форма спектральной линии.
- 13) Закон Бугера-Ламберта-Бера. Коэффициент поглощения, ширина спектральной линии. Значение функции формы в максимуме. Сечение поглощения. Сила осциллятора и правило сумм Томаса-Кюна.
- 14) Однородное и неоднородное уширение. Эффект Доплера. Ширина доплеровски уширенной линии. Функция Гаусса формы спектральной линии.
- 15) Насыщение поглощения. Параметр насыщения. Форма лоренцевой линии при насыщении. Пассивные насыщающиеся оптические затворы.
- 16) Импульсная инверсия населенностей в двухуровневой среде.
- 17) Спектроскопия атомных и молекулярных пучков.
- 18) Резонансы насыщенного поглощения.
- 19) Метод разнесенных оптически полей.
- 20) Двухфотонная лазерная спектроскопия.
- 21) Резонансы поглощения и испускания холодных частиц, захваченных в ловушках.
- 22) Лазерная спектроскопия спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния.
- 23) Спектроскопическая идентификация частиц по характеристикам квантовых траекторий интенсивности одночастичной фотолюминесценции.

Разработчик:



д.ф.-м.н. профессор Е.Ф.Мартынович

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«_13_»_июня_2017 г.

Протокол № 12

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н, А.А.Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.