



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Факультет физический



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Индекс дисциплины по УП: Б1.В.ДВ.1.2

Наименование дисциплины (модуля): Взаимодействие излучения с веществом

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры): Физика конденсированного состояния

Форма обучения очная/заочная

Согласовано с УМК факультета
протокол № 3 от «28» июня 2016 г.

Зам председателя УМК Чумак В.В. /Чумак В.В./

Программа рассмотрена на заседании кафедры
общей и экспериментальной физики
«16» июня 2016г. Протокол № 1

Зав. кафедрой Гаврилюк А.А. /Гаврилюк А.А./

Иркутск 2016 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы.....	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	Ошибка! Закладка не определена.
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Ошибка! Закладка не определена.
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	7
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	8
6.1. План самостоятельной работы студентов	Ошибка! Закладка не определена.
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии).....	10
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	Ошибка! Закл
а) <i>основная литература</i>	Ошибка! Закладка не определена.
б) <i>дополнительная литература</i>	Ошибка! Закладка не определена.
в) <i>программное обеспечение:</i>	10
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	11
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):.....	11
10. Образовательные технологии:.....	11
11. Оценочные средства (ОС):.....	12

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом» является формирование у аспирантов знаний и современных представлений о фотонной структуре электромагнитного поля, об элементарных квантовых актах однофотонного и многофотонного взаимодействия поля с веществом и их конкретных проявлениях при преобразовании, усилении и генерации когерентного электромагнитного излучения, освоение фундаментальных закономерностей, связанных со свойствами лазерного излучения и процессами распространения электромагнитного излучения в веществе.

Взаимодействие излучения с веществом – одно из важнейших научных направлений современной лазерной физики. Оно существенным образом дополняет представления о фундаментальных физических процессах, происходящих в веществе (в первую очередь, в конденсированных средах) при воздействии интенсивных световых потоков и позволяет разработать физические основы многочисленных прикладных направлений, связанных с лазерами и их применениями в технологиз[.

Задачей освоения дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом» является углубление и расширение знаний, касающихся основных принципов взаимодействия оптического излучения с веществом и фундаментальных физических процессах, происходящих в веществе при воздействии световых потоков.

Актуальность курса обусловлена необходимостью получения разносторонней информации о свойствах оптического излучения и механизмах его взаимодействия с веществом. В курсе используются представления смежных областей физики: квантовой механики, теории поля, электродинамики и других разделов физики.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Взаимодействие излучения с веществом» входит в вариативную часть блока Б1.В.ДВ.1 «Дисциплины по выбору» программы аспирантуры. Необходимым условием для освоения *дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом»* являются знания, полученные аспирантами ранее при обучении в высшем учебном заведении по таким дисциплинам, как: «Электричество», «Оптика», «Электродинамика», «Атомная физика», «Квантовая механика».

Содержание *дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом»* служит основой для самостоятельной научно-исследовательской работы аспиранта, для подготовки выпускной квалификационной работы, написания диссертации, для быстрой адаптации в области современных наукоемких технологий, и для его дальнейшего профессионального роста.

Объем курса составляет 108 часа (3 зачетные единицы), из которых 48 часов приходится на аудиторную нагрузку и 60 часов отведено на самостоятельную работу аспиранта

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Согласно ФГОС аспирант по направлению «Физика конденсированного состояния» должен обладать рядом профессиональных и общепрофессиональных компетенций (ПК и ОПК).

Выпускник должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями (ОПК)**:

- Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)

Выпускник должен обладать следующими **профессиональными компетенциями (ПК)**:

владение новыми методами и методологическими подходами необходимыми для участия в научно- инновационных исследованиях и инженерно- технологической деятельности (ПК-3);

В итоге освоения *дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом»* аспирант должен достичь следующих результатов образования:

знать:

- физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом;
- основы квантовой теории излучения и поглощения электромагнитных волн веществом;
- основные элементарные квантовые процессы с участием фотонов.

уметь:

- находить аналитические решения задач квантовой теории излучения и поглощения электромагнитных волн веществом;
- делать численные оценки времен релаксации и вероятностей переходов для однофотонных процессов в зависимости от параметров спектральных линий для различных сред;
- проводить эксперименты по исследованию взаимодействия оптического излучения с веществом.

владеть:

- методами теоретических и экспериментальных исследований в области физики взаимодействия лазерного излучения с конденсированными средами, навыками интерпретации экспериментальных данных и формулирования на их основе научных положений.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов очно/заочн	Курсы			
		1	2	3	4

	0				
Аудиторные занятия (всего)	48/24		48/24		
В том числе:				-	
Лекции	24/12		24/12		
Практические занятия (ПЗ)	24/12		24/12		
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР					
Самостоятельная работа (всего)	60/84		60/84		
В том числе:				-	
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	60/84		60/84		
Вид промежуточной аттестации (зачет)	36/1		36		
Общая трудоемкость	часы	108		108	
зачетные единицы		3		3	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

№ занятия	Номер раздела/темы дисциплины	Содержание лекции (перечень раскрываемых вопросов)	Методы обучения
1.	1	Основные положения квантовой теории. Основные понятия. Свойства операторов. Оператор плотности. Дифференциальные уравнения для средних значений операторов динамических величин.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
2.	1	Дипольные переходы. Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Матричные элементы и понятие четности. Уравнение движения для электрического дипольного перехода.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
3.	2	Резонансные процессы. Электрический дипольный переход в стационарном состоянии. Тензорные свойства восприимчивости. Нестационарные процессы для электрического дипольного перехода.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения

№ занятия	Номер раздела/темы дисциплины	Содержание лекции (перечень раскрываемых вопросов)	Методы обучения
		Система амплитудных уравнений и кинетические уравнения.	
4.	2	Резонансные процессы. Уравнение Блоха. Реальные атомы и двухуровневый атом. Приближение вращающейся волны. Аналогия и различия между классическим и полуклассическим дипольными взаимодействиями. Сдвиг Блоха-Сигерта.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
5.	3	Двухуровневые атомы в стационарных полях. π -импульсы. Решение Раби. Феноменологические постоянные затухания.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
6.	3	Двухуровневые атомы в стационарных полях. Решение Торри. Оптическая нутация. Затухание свободной поляризации. Адиабатическое прохождение.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
7.	4	Квантование поля. Квантование полей в резонаторе. Квантование плоских волн. Взаимодействие излучения с веществом в случае, когда поле и среда квантуются.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
8.	5	Взаимодействие излучения с фононами. Колебания кристаллической решетки. Квантование колебаний решетки. Сохранение энергии и импульса в процессах с участием фононов.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
9.	5	Взаимодействие излучения с фононами. Инфракрасные свойства оптических фононов. Комбинационное рассеяние света (рассеяние Рамана). Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
10.	6	Электроны в кристаллах. Электроны в кристаллах в отсутствие внешнего поля. Внутризонные эффекты.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
11.	6	Электроны в кристаллах. Межзонные эффекты. Фотопроводимость.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
12.	7	Распространение лазерного импульса. Уравнение Максвелла. Поведение вектора Блоха. «Теорема площадей» Мак Колла-Хана.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
13.	7	Распространение лазерного импульса. Самоиндуцированная прозрачность. Эффекты фазовой модуляции. Циркулярно-поляризованный свет.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения
14.	8	Фотонное эхо. Качественное рассмотрение. Свободное затухание. Временное поведение эха. Направленный характер эха.	Объяснительно-иллюстративный, проблемного изложения

№ занятия	Номер раздела/темы дисциплины	Содержание лекции (перечень раскрываемых вопросов)	Методы обучения
			изложения
15.	8	Фотонное эхо. Фотонное эхо в газах. Экспериментальное наблюдение фотонного эха. Распространение и затухание фотонного эха.	Объяснительно - иллюстративный, проблемного изложения
16.	9	Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом. Многофотонные матричные элементы. Расчет многофотонных матричных элементов с помощью функций Грина. Квазиклассическое приближение для многофотонных матричных элементов. Модель Келдыша-Фейсала-Риса.	Объяснительно - иллюстративный, проблемного изложения
17.	9	Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом. Процесс многофотонной ионизации. Многофотонная ионизация атома водорода. Расчет многофотонных сечений. Поляризационная зависимость многофотонных сечений. Угловое распределение фотоэлектронов.	Объяснительно - иллюстративный, проблемного изложения
18.	9	Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом. Надпороговая ионизация атома. Теоретическая интерпретация надпороговой ионизации в слабом и сильном полях. Туннельная ионизация. Энергетические и угловые распределения электронов при туннельной ионизации.	Объяснительно - иллюстративный, проблемного изложения

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

«Взаимодействие излучения с веществом» читается на 2 курсе аспирантуры и последующих дисциплин не имеет.

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела/темы	Виды занятий в часах очно/заочно				
		Лекц.	Практ. зан.	Семинары	Лаб. зан.	СРС
1	Основные положения квантовой теории.	3	2		7	12
2	Резонансные процессы.	2	3		7	12

3	Двухуровневые атомы в стационарных полях.	3	2		7	12
4	Квантование поля.	2	3		7	12
5	Взаимодействие излучения с фонами.	3	2		7	12
6	Электроны в кристаллах.	2	3		7	12
7	Распространение лазерного импульса.	3	3		6	12
8	Фотонное эхо.	3	3		6	12
9	Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом.	3	3		6	12

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	Номер раздела/темы дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия. Содержание занятия	Трудоемкость (часы) Очно/заочно	Оценочные средства	Формируемые профессиональные компетенции
1	2	3	4	5	5
1.	1	«Основные положения квантовой теории. Основные понятия. Свойства операторов. Оператор плотности».	2	Собеседование. Экспресс-опрос Решение задач по теме занятия	ОПК-1 ПК-3
2.	2	«Резонансные процессы. Электрический дипольный переход в стационарном состоянии. Тензорные свойства восприимчивости».	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
3.	2	«Уравнение Блоха. Реальные атомы и двухуровневый атом. Приближение вращающейся волны».	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
4.	3	«Двухуровневые атомы в стационарных полях. π -импульсы. Решение Раби».	2	тест	
5.	3	«Двухуровневые атомы в стационарных полях. Решение Торри».	2	Собеседование. Экспресс-опрос	

6.	4	«Взаимодействие излучения с веществом в случае, когда поле и среда квантуются».	2	тест
7.	5	«Взаимодействие излучения с фононами. Колебания кристаллической решетки. Квантование колебаний решетки».	2	Собеседование. Экспресс-опрос
8.	6	«Электроны в кристаллах. Электроны в кристаллах в отсутствие внешнего поля».	2	Собеседование. Экспресс-опрос
9.	6	«Электроны в кристаллах. Межзонные эффекты».	2	Собеседование. Экспресс-опрос
10.	7	«Распространение лазерного импульса. Уравнение Максвелла. Поведение вектора Блоха. «Теорема площадей» Мак Колла-Хана».	2	Собеседование. Экспресс-опрос
11.	7	«Распространение лазерного импульса. Самоиндуцированная прозрачность. Эффекты фазовой модуляции».	2	Собеседование. Экспресс-опрос
12.	8	«Фотонное эхо. Свободное затухание. Временное поведение эха. Направленный характер эха».	2	Собеседование. Экспресс-опрос
13.	8	«Фотонное эхо. Фотонное эхо в газах. Распространение и затухание фотонного эха».	2	тест
14.	9	«Квазиклассическое приближение для многофотонных матричных элементов. Модель Келдыша».	2	Собеседование. Экспресс-опрос

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнении контрольных заданий и тестов, написании курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении лабораторных 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 выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не планируются.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

Пихтин, Александр Николаевич.

Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник / А. Н. Пихтин. - СПб. : Абрис, 2012. - 656 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9 (12экз)

Тарасов, Лев Васильевич.

Физические основы квантовой электроники. Оптический диапазон [Текст] / Л. В. Тарасов. - 2-е изд. - М. : Либроком, 2010. - 367 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 359-360. - ISBN 978-5-397-00952-2 (1экз)

Дополнительная литература

Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика / В. П. Вейко [и др.] ; ред. В. И. Конов. - М. : Физматлит, 2008. - 308 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9221-0934-5 (2экз)

Делоне, Николай Борисович.

Нелинейная ионизация атомов лазерным излучением [Текст] / Н.Б. Делоне, В.П. Крайнов. - М. : Физматлит, 2001. - 311 с. : ил. ; 22см. - ISBN 5922101501 (3экз)

Летохов, Владилен Степанович.

Нелинейные селективные фотопроцессы в атомах и молекулах [Текст] / В. С. Летохов. - М. : Наука, 1983. - 408 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 385-405 (2экз)

Коротеев, Николай Иванович.

Физика мощного лазерного излучения [Текст] / Н. И. Коротеев, И. Л. Шумай. - М. : Наука, 1991. - 309 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 304-307. - ISBN 5-020-14474-6 (2экз)

в) программное обеспечение:

- стандартные сервисы глобальной сети Интернет (Mozilla Firefox);
- стандартные средства для показа презентаций (OpenOffice и/или LibreOffice);
- стандартные средства для чтения публикаций (Foxit PDF Reader или Adobe Reader DC).

Все указанные выше программные продукты являются проприетарными и могут быть скачаны и установлены на любой компьютер с официального сайта бесплатно и без заключения отдельного лицензионного договора.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
 - Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
 - Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>.)
 - ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
 - ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Методическим оформлением курса является использование современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео, документальные фильмы), дистанционных. Внедрение глобальной компьютерной сети в образовательный процесс позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в физике плазмы.

10. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков

самостоятельного решения задач по дисциплине;

- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в виде самостоятельных работ

11. Оценочные средства (ОС)

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса студент должен знать основы физики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль знаний не проводится.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Пример практического задания

ЗАДАНИЕ 1

УСТНО:

1. Взаимодействие излучения с фононами. Колебания кристаллической решетки. Квантование колебаний решетки.
2. Электроны в кристаллах. Электроны в кристаллах в отсутствие внешнего поля. Внутризонные эффекты.
3. Распространение лазерного импульса. Самоиндуцированная прозрачность.

ПИСЬМЕННО:

1. Покажите, что конфигурации d^n и d^{10-n} дают одинаковые термы. .
2. Двухуровневые атомы в стационарных полях. Решение Раби.

Примерный список устных вопросов:

1. Основные положения квантовой теории. Основные понятия. Свойства операторов. Оператор плотности. Дифференциальные уравнения для средних значений операторов динамических величин.
2. Дипольные переходы. Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Матричные элементы и понятие четности. Уравнение движения для электрического дипольного перехода.
3. Резонансные процессы. Электрический дипольный переход в стационарном состоянии. Тензорные свойства восприимчивости. Нестационарные процессы для электрического дипольного перехода. Система амплитудных уравнений и кинетические уравнения.
4. Резонансные процессы. Уравнение Блоха. Реальные атомы и двухуровневый атом. Приближение вращающейся волны. Аналогия и различия между классическим и полуклассическим дипольными взаимодействиями. Сдвиг Блоха-Сигерта.
5. Двухуровневые атомы в стационарных полях. Решение Раби. Феноменологические постоянные затухания.
6. Двухуровневые атомы в стационарных полях. Решение Торри. Оптическая нутация. Затухание свободной поляризации. Адиабатическое прохождение.
7. Квантование поля. Квантование полей в резонаторе. Квантование плоских волн. Взаимодействие излучения с веществом в случае, когда поле и среда квантуются.
8. Взаимодействие излучения с фононами. Колебания кристаллической решетки. Квантование колебаний решетки. Сохранение энергии и импульса в процессах с участием фононов.

9. Взаимодействие излучения с фононами. Инфракрасные свойства оптических фононов. Комбинационное рассеяние света (рассеяние Рамана). Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
10. Электроны в кристаллах. Электроны в кристаллах в отсутствие внешнего поля. Внутризонные эффекты.
11. Электроны в кристаллах. Межзонные эффекты. Фотопроводимость.
12. Распространение лазерного импульса. Уравнение Максвелла. Поведение вектора Блоха. «Теорема площадей» Мак Колла-Хана.
13. Распространение лазерного импульса. Самоиндуцированная прозрачность. Эффекты фазовой модуляции. Циркулярно-поляризованный свет.
14. Фотонное эхо. Качественное рассмотрение. Свободное затухание. Временное поведение эха. Направленный характер эха.
15. Фотонное эхо. Фотонное эхо в газах. Экспериментальное наблюдение фотонного эха. Распространение и затухание фотонного эха.
16. Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом. Многофотонные матричные элементы. Расчет многофотонных матричных элементов с помощью функций Грина. Квазиклассическое приближение для многофотонных матричных элементов. Модель Келдыша-Фейсала-Риса.
17. Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом. Процесс многофотонной ионизации. Многофотонная ионизация атома водорода. Расчет многофотонных сечений. Поляризационная зависимость многофотонных сечений. Угловое распределение фотоэлектронов.
18. Взаимодействие мощного оптического излучения с веществом. Надпороговая ионизация атома. Теоретическая интерпретация надпороговой ионизации в слабом и сильном полях. Туннельная ионизация. Энергетические и угловые распределения электронов при туннельной ионизации.

Составитель:

Разработчики:

(подпись)

, д.ф.-м.н. профессор
(занимаемая должность)

Е.Ф.Мартынович
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ
«___» _____201__г.

Протокол № _____ Зав.кафедрой _____

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