



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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ~~Физический факультет~~ Н.М. Буднев  
«20» июня 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Индекс дисциплины по УП: Б1.В.ДВ.2.1

Наименование дисциплины (модуля): Оптическая спектроскопия твердого тела

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 заочная

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 (модуля)3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООПЗ
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы4
5. Содержание дисциплины (модуля)5
  - 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 занятий6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ6
  - 6.1. План самостоятельной работы студентов6
  - 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов6
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):8
  - а) *основная литература***Ошибка! Закладка не определена.**
  - б) *дополнительная литература***Ошибка! Закладка не определена.**
  - в) *программное обеспечение*:9
  - г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):9
10. Образовательные технологии:9
11. Оценочные средства (ОС):10

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

**Цель программы** - подготовка специалистов в области спектроскопии твердого тела.

**Задача курса:** формирование физических представлений о закономерностях оптических свойств конденсированных сред в том числе содержащих атомарные или молекулярные примеси.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: «Высшая математика», «Атомная физика», «Теоретическая физика», «Ядерная физика» и «Взаимодействие излучений с веществом», изучаемых на предыдущих уровнях образования.

В курсе излагаются основные понятия необходимые для описания оптических свойств конденсированных сред – спектров поглощения, свечения, возбуждения и их временных зависимостей. Неотъемлемой частью курса являются практические семинарские занятия. Решение большого числа задач различной трудности позволяет студентам не только закрепить и расширить сведения, полученные на лекциях, но и приобрести первоначальный опыт самостоятельной работы над научными проблемами.

Программа курса ориентирована на тематику научных исследований базового института кафедры – Института геохимии ИГХ СО РАН, а также на тематику исследований в области оптических сред, развиваемых на кафедре.

## 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);

способность планировать и организовать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4)

В результате изучения курса «Оптическая спектроскопия твердого тела» аспиранты должны

- **знать** основы высшей математики, законы естественных наук, применяемые в физике конденсированного состояния и оптике, физические методы исследования и описания оптических свойств конденсированного состояния вещества, преимущества и недостатки методов исследования физических свойств твердых тел, требования к параметрам твердотельных веществ и материалов при их практическом применении, информационные технологии, применяемые при моделировании физических свойств твердотельных материалов, базы данных для твердотельных материалов;

- **уметь** использовать аппарат высшей математики при описании фундаментальных оптических свойств конденсированных веществ, применять законы естественных наук в теоретических и экспериментальных исследованиях конденсированных веществ, осуществлять поиск оптических материалов с оптимальными для практического использования параметрами, готовить сообщения на научно-практической конференции с широким спектром тематики, работать с информацией в области физики конденсированного состояния из различных источников, с отечественной и зарубежной периодической литературой, монографиями и учебниками, электронными ресурсами Интернет;

- **владеть** навыками применения базовых знаний в области математики и естественных наук в определенной области оптики конденсированного состояния, теоретическими и экспериментальными методами определения оптических характеристик твердотельных веществ и материалов, навыками обсуждения проблемных работ из периодической научной печати, методами сбора информации из различных источников для подготовки к семинару, докладу на конференции, методами обработки полученных данных, визуализации результатов работы с применением современного программного обеспечения

**быть готовым** к самостоятельному проведению исследований, использованию информационных технологий для решения научных и профессиональных задач

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов очно/заочно	Курсы			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	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					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	60/84		60/84		
В том числе:				-	
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					



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

№ п/п	Наименование раздела	Виды занятий в часах очно/заочно					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Введение	6/3	6/3	-	-	15/21	27/27
2.	Спектроскопия электронных переходов в атомах	6/3	6/3	-	-	15/21	27/27
3.	Спектроскопия электронных переходов в молекулах.	6/3	6/3	-	-	15/21	27/27
4.	Атомы и молекулы в конденсированных средах	6/3	6/3	-	-	15/21	27/27
		24/12	24/12			60/84	108

### 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы) Очно/заочно	Оценочные средства	Формируемые профессиональные компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1.	Теория кристаллического поля и поля лигандов	2/2	тест	ОПК-1, ПК-3 ПК-4
2.	Раздел 2	Примесные атомы с конфигурацией $s^2$ в кристаллах	2/2	Собеседование . Экспресс-опрос	
3.	Раздел 3	Примесные атомы с конфигурацией $f^2$ в кристаллах	2/2	тест	
4.	Раздел 4	Автолокализованные дырки в галоидных кристаллах	2/2	Собеседование . Экспресс-опрос	
5.	Раздел 5	Экситоны в галоидных кристаллах	2/2	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, выполнение контрольных заданий

и тестов, написание 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 (модуля):

### а) основная литература

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - СПб. : Лань, 2011. - 288 с. : рис., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2023](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2023)
3. Киттель Чарльз. Введение в физику твердого тела: Учебное пособие по физике. М., изд-во «Книга по Требованию», 2012. 789 с.
4. Бенуэлл К. Основы молекулярной спектроскопии / К.Бенуэлл. – М.:Мир, 1985. – 384с.
5. Раджабов Е.А. Спектроскопия атомов и молекул в конденсированных средах / Е.А.Раджабов. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 107с.
6. Егранов А., Раджабов Е. Спектроскопия кислородных и водородных примесных центров в щелочно-галоидных кристаллах. / Н.Наука, 1992 – 161с.
7. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия М., ГИФМЛ., 1962. - 892с. Переиздание – М., Эдиториал УРСС, 2001. - 894с.

### б) дополнительная литература

1. 4. Маррел Дж. Химическая связь. / Маррел Дж., Кеттл С., Теддер Дж. – М.Мир, 1980 – 382с.
2. Фано У., Физика атомов и молекул / Фано У., Фано Л. – М.Мир, 1980 – 656с.
3. Стоунхем. Теория дефектов в твердых телах / М.Мир,1975 том. 2
4. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела: учебное руководство. Пер. с англ. / Ч. Киттель. – М.: «Наука», 1978 г. – 792с.
5. Кобычев В.Б., Витковская Н.М. Основы теории групп для химиков - учеб.-метод.пособие / – И.: Иркут.гос.ун-т., 2006.-52с.

сверено с ГИБ ИГУ



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 «Рукопт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ОД.6 "Физика плазмы".

## **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 Многоэлектронные атомы**

##### **УСТНО:**

1. Какие типы уровней и переходов между ними изучаются в атомной и молекулярной спектроскопии.
2. Обоснуйте применение метода ЛКАО для молекулы ОН.
3. Покажите, что терм полностью заполненной оболочки соответствует полносимметричному представлению.

##### **ПИСЬМЕННО:**

1. Найдите возможные термы для конфигурации из двух электронов на f оболочке.
2. Определить возможную мультиплетность терма  $D_{3/2}$ ,  $P_0$ .

#### Примерный список устных вопросов:

1. Покажите, что конфигурации  $d^n$  и  $d^{10-n}$  дают одинаковые термы.
2. Покажите, что конфигурации  $p^n$  и  $p^{6-n}$  дают одинаковые термы.
3. Почему константа спин-орбитального взаимодействия уменьшается с ростом главного квантового числа.
4. Выписать спектральные обозначения термов электрона в атоме водорода для  $n = 3$ . Сколько различных термов имеет уровень атома водорода с главным квантовым числом  $n$ ?
5. Выписать возможные термы атомов, содержащих кроме заполненных оболочек: а) два электрона (s и p); б) два электрона (p и d); в) три электрона (s, p и d).
6. Определить возможную мультиплетность терма  $D_{3/2}$ ,  $P_0$ .
7. Атом находится в состоянии  $^4F$ , имея при этом максимально возможный полный механический момент. Определить кратность вырождения этого состояния по J. Каков физический смысл полученной величины?
8. Выписать электронные конфигурации, и с помощью правил Хунда найти основной терм атомов: а) углерода и азота; б) серы и хлора. Иметь в виду, что электронные конфигурации этих атомов соответствуют застройке электронных оболочек в нормальном порядке.
9. Воспользовавшись правилами Хунда, написать основной терм атома, единственная незамкнутая подоболочка которого заполнена на одну треть и полный спин равен единице.

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Примерный список вопросов к диф.зачету:

1. Типы уровней и переходов ( электронные, колебательные, вращательные, тонкой структуры, сверхтонкой, суперсверхтонкой).
2. Электронные волновые функции. Форма атомных орбиталей атомные квантовые числа. Уровни атома водорода.
3. Обозначения спектроскопических термов.
4. Электронные переходы, правила отбора, сила осциллятора перехода.
5. Спектры водородоподобных атомов, обозначение уровней.
6. Спектр гелия и щелочноземельных металлов.
7. Природа спин-орбитального взаимодействия, простая модель и ее следствия,
8. Спин-орбитальная константа, тонкая структура термов  $s_1$  и  $s_2$  атомов.
9. Природа синглет-триплетного расщепления (обменное взаимодействие). Симметричные и антисимметричные волновые функции.
10. Изменение атомных состояний кристаллическим полем.
11. Теория поля лигандов. Сильное и слабое поле лигандов. Октаэдрические и тетраэдрические комплексы.
12. Разделение электронного и ядерного движений. Молекулярные орбитали двухатомных молекул.
13. Обоснование метода ЛКАО. Применение метода к гомоядерным молекулам от  $Li_2$  до  $F_2$ .
14. Молекулярные орбитали гетероядерных двухатомных молекул.
15. Ограничения налагаемые симметрией на молекулярные орбитали (для  $H_2O$ ). Группы симметрии, неприводимые представления, таблицы характеров.
16. Прямые произведения. Правила отбора для дипольных переходов в группе симметрии  $C_{2v}$ .
17. Корреляционные диаграммы двух и трехатомных молекул. Правило непересечения. Спектры  $H_2O$ ,  $NH_3$ , молекулы бензола  $C_6H_6$ .
18. Примесная молекула в кристалле. Молекулярные орбитали  $V_k$  центров. Экситоны в кристаллах конденсированных газов, щелочноземельных фторидов, щелочно-галогидных кристаллах.

Разработчики:



д.ф.-м.н.  
(занимаемая должность)

Е А Раджабов  
(инициалы, фамилия)

«13» июня 2017 г.

Протокол № 12

Зав.кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

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