



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ



Декан физического факультета

\_\_\_\_\_ / Н.М. Буднев

«17» апреля 2024 г.

### Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля)

Б1.В.01 Спектральные методы в медицинской физике

Направления подготовки

03.04.02. Физика

Направленности (профили) подготовки

Медицинская физика

Форма обучения очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

общей и экспериментальной физики

Протокол № \_\_\_\_\_ 7

от «26» марта \_\_\_\_\_ 2024 г.

Зав. кафедрой: д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

Иркутск 2024 г.

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 03.03.02 Физика и предназначена для обеспечения курса «Методы оптической спектроскопии в медицине», изучаемого студентами в течение второго семестра. ....	3
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО</b> .....	3
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины</b> .....	4
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)</b> .....	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	6
4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3. Содержание учебного материала .....	1
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	2
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	3
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	3
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	4
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	5
а) <i>перечень литературы</i> .....	5
б) <i>периодические издания</i> .....	6
в) <i>список авторских методических разработок</i> .....	6
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	6
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	7
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	7
6.2. Программное обеспечение:.....	7
6.3. Технические и электронные средства: .....	7
<b>VII. Образовательные технологии</b> .....	7
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации</b> .....	8
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС</b> .....	18

### 1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Дисциплина «Методы оптической спектроскопии в медицине» изучает физические свойства материалов, связанные с поглощением или излучением фотонов как самим материалом так и примесями в нем.

В дисциплине рассматриваются механизмы электронной и ионной проводимости диэлектрических материалов. Изучаются основные методы импедансной и диэлектрической спектроскопии материалов. Цель преподавания дисциплины состоит в том, чтобы составить представление у магистрантов знаний о природе оптических спектров в конденсированных средах с атомарными и молекулярными примесями.

Задачами дисциплины являются следующие:

- 1) Развитие мышления студентов, формирование у них умений самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять физические явления;
- 2) Использование результаты освоения дисциплины для выбора материалов для практических применений;
- 3) Развитие навыков делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований;
- 4) Развивать способности выбирать методы и средства решения практических задач.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина входит в дисциплины по выбору вариативной части основной образовательной программы по направлению подготовки 03.04.02 «физика», профиля магистратуры «Медицинская физика».

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс освоения *дисциплины* «Методы оптической спектроскопии в медицине» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК-3	Способен выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов медико-физических исследований

В результате освоения *дисциплины* «Методы оптической спектроскопии в медицине» магистрант должен достигнуть следующих результатов образования:

**знать:**

- основы химической связи в молекулах;
- основные типы взаимодействий в атомах и молекулах (обменное, спин-орбитальное);
- качественные аспекты теории кристаллического поля и поля лигандов; теории групп;

– систематику спектральных термов и правил отбора для электронных переходов.

**уметь:**

1. применять основы полученных знаний для классификации электронных состояний и интерпретации оптических спектров атомных и молекулярных примесей в конденсированных средах
2. проводить простые эксперименты по исследованию взаимодействия оптического излучения с веществом.

**владеть:**

3. навыками оценки результатов воздействия оптического излучения на вещество.
4. навыками работы на современных спектрометрах и спектрофотометрах

#### **IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов,

в том числе 73 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<u>Раздел 1.</u> Типы уровней. Орбитали. Термы. Правила отбора. Водородоподобные атомы. Спектр гелия	3	8	8	4	4		12	Проект, дискуссия*, контрольные вопросы
2	<u>Раздел 2.</u> Спин-орбитальное и обменное взаимодействия. Тонкая структура термов.	3	16	8	4	4		12	
3	<u>Раздел 3.</u> Орбитали двухатомных молекул. Метод ЛКАО. Гетероядерные молекулы.	3	14	8	4	4		12	
4	<u>Раздел 4.</u> Молекулярные орбитали H <sub>2</sub> O. Прямые произведения. Кристаллическое поле.	3	18	8	4	4		12	
5	<u>Раздел 5.</u> Теория поля лигандов. Ионы с d- и f- оболочками. Примесная молекула в кристалле.	3	12	6	6	6		12	
		Контроль	10						
		КСР	4						
		Экзамен	26						Экзамен
<b><u>Итого часов</u></b>			<b>144</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>60</b>	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	<u>Раздел 1.</u> Введение в дисциплину	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	В начале семестра	0,5	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	Вся рекомендуемая литература
3	<u>Раздел 2.</u> Спин-орбитальное и обменное взаимодействия. Тонкая структура термов.	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		2	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
3	<u>Раздел 3.</u> Орбитали двухатомных молекул. Метод ЛКАО. Гетероядерные молекулы.	Работа с данными натурального эксперимента		2	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
3	<u>Раздел 4.</u> Молекулярные орбитали H <sub>2</sub> O. Прямые произведения. Кристаллическое поле.	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		2	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
3	<u>Раздел 5.</u> Теория поля лигандов. Ионы с d- и f-оболочками Примесная молекула в кристалле.	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		2	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
3	<b>Все темы</b>	Работа с методическими материалами. Подготовка к экзамену	К концу семестра	0,5	Опрос	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)					11	

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Содержание разделов и тем дисциплины

##### Раздел 1.

Типы уровней и переходов ( электронные, колебательные, вращательные ..).

Электронные волновые функции. Форма атомных орбиталей атомные квантовые числа.

Электронные переходы, правила отбора, сила осциллятора перехода. Обозначения спектроскопических термов.

Спектры водородоподобных атомов, обозначение уровней.

Спектр гелия и щелочноземельных металлов.

##### Раздел 2.

Природа спин-орбитального взаимодействия, простая модель и ее следствия. Спин-орбитальная константа, тонкая структура термов  $s_1$  и  $s_2$  атомов.

Природа синглет-триплетного расщепления (обменное взаимодействие).

##### Раздел 3.

Разделение электронного и ядерного движений. Молекулярные орбитали двух-атомных молекул.

Молекулярные орбитали гетероядерных двухатомных молекул. Обоснование метода ЛКАО. Применение метода к молекулам от  $Li_2$  до  $F_2$ .

##### Раздел 4.

Ограничения налагаемые симметрией на молекулярные орбитали (для  $H_2O$ ). Прямые произведения.

Правила отбора для дипольных переходов в группе симметрии  $C_{2v}$ . Изменение атомных состояний кристаллическим полем.

##### Раздел 5.

Теория поля лигандов. Сильное и слабое поле лигандов. Октаэдрические комплексы. Редкоземельные ионы.

Примесная молекула в кристалле. Молекулярные орбитали  $V_k$  центров. Экситоны в кристаллах конденсированных газов, щелочно-земельных фторидов, щелочно-галогенидных кристаллах.

### 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего час пркт	из них		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тема 1	Типы уровней и переходов (электронные, колебательные, вращательные ..). Электронные волновые функции. Форма атомных орбиталей атомные квантовые числа.	2		Практическая работа	ПК-3
2.	Тема 2	Электронные переходы, правила отбора, сила осциллятора перехода. Обозначения спектроскопических термов	4		Практическая работа	ПК-3
3.	Тема 3	Спектры водородоподобных атомов, обозначение уровней.	2		Практическая работа	ПК-3
4.	Тема 4	Природа спин-орбитального взаимодействия, простая модель и ее следствия. Спин-орбитальная константа, тонкая структура термов $s_1$ и $s_2$ атомов	6		Практическая работа	ПК-3
5.	Тема 5	Правила отбора для дипольных переходов в группе симметрии $C_{2v}$ . Изменение атомных состояний кристаллическим полем.	4		Практическая работа	ПК-3,

### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Тема 1	Кейс-задача	Из открытых источников найти области прозрачности твердых тел. Каковы области применения приведенных		4



			материалов.		
2-5	Тема 2	Домашние задачи	Решение комплекта домашних задач		8
6-9	Тема 3	Кейс-задача	Приборы для измерения иммитанса		6
10-14	Тема 4	Домашние задачи, кейс-задача	Решение комплекта домашних задач по оптике диэлектриков.	Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоиздат, 1982.320 с.	8
16-17	Тема 5	Кейс-задача	Влияние примесных дипольных центров на оптические свойства материалов		6

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Для самостоятельной работы доступно несколько видов деятельности. **Дискуссия** предполагает включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения. При самостоятельной подготовке студент самостоятельно, используя открытые источники, изучает и ищет решение поставленной проблемы. Самостоятельный подбор источников является необходимым условием при подготовке к дискуссии. Во время занятия происходит обсуждение подготовленных во время самостоятельной работы данных.

**Домашние задачи**, связанные с темами лекционных и семинарских занятий, способствуют лучшему освоению материала. Подготовка домашних задач способствует успешному решению контрольных работ и освоению следующих компетенций: Способен выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов медико-физических исследований (ПК-3).

**Кейс-задачи** - проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально -ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы, направлены на практическое применение полученных на лекциях и семинарах знаний и навыков. Кейс-задачи представляют собой упрощенные реальные задачи, с которым может столкнуться исследователь или инженер-исследователь в своей научной работе. Студентам ставится кейс-задача, при самостоятельной подготовке они находят возможные решения и на семинарском занятии обсуждаются их решения. По возможности находится оптимальный метод решения. При подготовке рекомендуется использование открытых

источников информации, в том числе сети Интернет. Самостоятельный подбор источников является необходимым условием при постановке кейс-задачи.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

1. Спектры люминесценция ионов празеодима во фторидных кристаллах.
2. Влияние ионизирующего излучения на оптические спектры фторидных кристаллов.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

### а) основная литература

1. Раджабов, Е. А. Спектроскопия атомов и молекул в конденсированных средах. Серия Методы экспериментальной физики конденсированного состояния. Иркутск: Изд-во ИрГУ, 2013.
2. Маррел Дж., Кеттл С., Теддер Дж. Химическая связь. "Мир", М. 1980, 382 с.
3. Бенуэлл К. Основы молекулярной спектроскопии. "Мир", М., 1985, 384 с.

### б) Дополнительная литература

1. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию диэлектриков Часть II. Вторичные процессы: Учебное пособие. - М.: Университетская книга, 2010. - 238 с. - Режим доступа: ЭБС "Единое окно". - Неогранич. Доступ
4. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия М., ГИФМЛ., 1962, 892с. Переиздание – М., Эдиториал УРСС, 2001, 894с.
2. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур [Электронный ресурс] / В. Б. Тимофеев. - Москва : Лань", 2015. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1745-2 : Б. ц.

### в) программное обеспечение

1. QTI-plot Пакет для построения графиков. Лицензия GPL

### г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- 1) интернет ресурсы в свободном доступе и на сайте ИГУ [www.isu.ru](http://www.isu.ru)
- 2) Сайт кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ <http://medphysics-irk.ru>

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

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. Имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области физики диэлектриков (высокорезистивных материалов).

## **7. Образовательные технологии:**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентного подхода, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: на лекционных занятиях – дискуссии, IT-методы, индивидуальное обучение и обучение на основе опыта; на

лабораторных занятиях – дискуссия, работа в команде, индивидуальное обучение, обучение на основе опыта, исследовательский метод.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и интерактивных технологий;

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

- закрепление теоретического материала при проведении лабораторных занятий с использованием демонстрационного и наглядного (графического) материалов, специальной литературы, выполнение индивидуальных заданий.

### **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

В состав первого контроля, которые проводится в форме собеседования включены вопросы, проверяющие остаточные знания студентов по дисциплинам программы обучения в бакалавриате. За правильные ответ студент получает 1 балл. На основании входного контроля определяется начальная сумма баллов студента от 40 до 50 баллов.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Примерные тестовые задания приведены в фондах оценочных средств (в приложении).

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Входной контроль	Тема 1	ПК-3
2	Контрольная работа №1	Тема2	ПК-3
3	Контрольная работа №2	Тема 3, Тема 4	ПК-3
4	Кейс задачи	Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5	ПК-3
5	Вопросы к экзамену	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5	ПК-3

### Примерные вопросы для входного контроля в форме собеседования

Что такое запрещенная зона, с чем связано ее появление в полупроводниках и диэлектриках?

У каких материалов (диэлектрики, полупроводники) ширина запрещенной зоны больше?

Разберите спектр гелия и щелочноземельных металлов.

Что такое дефекты по Шоттки и по Френкелю?

Чем обусловлено спин-орбитальное взаимодействие

### Примерный список вопросы и упражнений к экзамену

Атомная спектроскопия.

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.

Спектроскопия молекул.

1. Разделение электронного и ядерного движений. Молекулярные орбитали двух-атомных молекул.

2. Обоснование метода ЛКАО. Применение метода к гомоядерным молекулам от  $Li_2$  до  $F_2$ .

3. Молекулярные орбитали гетероядерных двухатомных молекул.
4. Ограничения налагаемые симметрией на молекулярные орбитали (для  $H_2O$ ). Группы симметрии, неприводимые представления, таблицы характеров.
5. Прямые произведения. Правила отбора для дипольных переходов в группе симметрии  $C_{2v}$ .
6. Корреляционные диаграммы двух и трехатомных молекул. Правило непересечения. Спектры  $H_2O$ ,  $NH_3$ , молекулы бензола  $C_6H_6$ .
7. Примесная молекула в кристалле. Молекулярные орбитали  $V_k$  центров. Экситоны в кристаллах конденсированных газов, щелочноземельных фторидов, щелочно-галогидных кристаллах.

**Разработчик:**

  
(подпись)

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

Е.А.Раджабов  
(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 "физика"

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«26» марта 2024 г.

Протокол № 7, 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.**