



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

УТВЕРЖДАЮ
Декан И.М. Буднев
«22» апреля 2020 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ОД.7.1 ЭМИССИОННЫЙ
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника _____

Тип образовательной программы: прикладной бакалавриат _____

Направленность (профиль): «Электроника и нанoeлектроника» _____

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр _____

Форма обучения: очная _____

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 25
от «21» апреля 2020 г.

Зам.председатель, к.ф.-м.н, доцент

В.В. Чумак  _____

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики

Протокол № 6
от «13» апреля 2020 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор А.А.

Гаврилюк  _____

Иркутск 2020 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	5
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	6
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) :	
а) основная литература;	8
б) дополнительная литература;	8
в) программное обеспечение;	8
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	8
10. Образовательные технологии	9
11. Оценочные средства. (ОС).	9
12. Приложение 1	

1. Цели и задачи дисциплины : Целью курса является создание фундаментальной базы знаний о природе атомных спектров. Предусматривается осуществить последовательное изложение систематики атомных спектров, осветить общие вопросы спектроскопии. Наряду с результатами исследований спектров в оптической области рассматриваются результаты радиоспектроскопических исследований и ТГц спектроскопия.

Задачи курса. Первая из них заключается в мировоззренческой и методологической направленности курса. Необходимо сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину природы атомных спектров. Создание такой картины происходит поэтапно, путем обобщения экспериментальных данных и на их основе производится построение моделей наблюдаемых явлений.

Во-вторых, в рамках единого подхода необходимо рассмотреть основные явления, вывести основные законы и получить их выражение в виде математических уравнений. Необходимо научить студентов количественно решать конкретные задачи.

В-третьих, необходимо научить студентов основам постановки и проведения физического эксперимента с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

Неотъемлемой частью курса « Атомная спектроскопия » является специальный физический практикум по эмиссионному спектральному анализу. Его главные задачи: 1). Научить применять теоретический материал к анализу конкретных физических ситуаций, экспериментально изучить основные закономерности, оценить порядки изучаемых величин, определить точность экспериментальных результатов.

2). Ознакомиться с измерительной аппаратурой и принципом ее действия, с основными элементами техники безопасности при проведении экспериментальных исследований. Общее число задач спецпрактикума определяется кафедрой в соответствии с учебным планом и содержанием настоящей программы.

2. Место дисциплины в структуре ООП: . Место дисциплины в учебном плане и общая трудоемкость

Потребность курса, посвященного атомным спектрам, существует и в наши дни. По-прежнему знание спектров необходимо и физикам, занимающемуся строением атомов или свойствами газоразрядной плазмы; специалисту-практику, работающему в области применения спектрального анализа или создания газосветных ламп. Астрофизику, определяющему по спектру звезды или туманности, происходящие в них процессы. Химику знание спектров дает возможность проследить расположение внешних электронов в атомах и тем самым подвести физический фундамент под периодическую систему Менделеева. Со спектрами встречается и геофизик, наблюдающий свечение верхних слоев атмосферы и специалист в области квантовой электроники.

Дисциплина «Специальный практикум» относится к дисциплине базовой части Б1.В. ОД7 образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. При изучении этой дисциплины используются знания, приобретенные при изучении «Атомной физики» и «Оптики». Дисциплина «Атомная спектроскопия» является базовой для изучения таких дисциплин как «Квантовая физика» «Теория конденсированного состояния».

Общая трудоемкость дисциплины – 2 зачетных единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом

формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6); способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); способность выполнять работы по технологической подготовке материалов и изделий электронной техники (ПК-8).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: теоретические основы, основные понятия, законы и модели атомной физики;

уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;

владеть: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информацией.

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

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		5			
Аудиторные занятия (всего)	72/2	72/2			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции					
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа (всего)	36	36			
В том числе:	-	-	-	-	-
Самостоятельное выполнение заданий в лабораторной работе, оформление отчета	36	36			
Расчетно-графические работы					
Тесты					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет)					
Контактная работа (всего)	40	40			
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	зачетные единицы	2	2		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.

Раздел 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СПЕКТРОСКОПИИ

Тема 1. Основные положения спектроскопии Основные квантовые законы. Уровни энергии, переходы между ними. Деление спектроскопии по свойствам излучения, по свойствам АС (атомных систем)

2. Основные характеристики уровней энергии Невырожденные и вырожденные уровни энергии. Квантование моментов количества движения и их проекций. Магнитные моменты и их связь с механическими моментами. Прецессия и взаимодействие магнитных моментов.

3. Симметрия АС и их уровней энергии Общая характеристика симметрии АС. Основные понятия теории групп и важнейшие группы. Невырожденные и вырожденные типы симметрии.

4. Вероятности переходов и правила отбора Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Время жизни возбужденных состояний. Дипольное излучение. Силы осцилляторов. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий

5. Интенсивности в спектрах Мощности испускания и поглощения. Заселенность уровней. Основные законы равновесного излучения. Коэффициенты поглощения. Неравновесные спектры испускания. Контурные спектральных линий и полос. Уширение спектральных линий обусловленное тепловым движением и взаимодействием частиц.

Раздел 2. АТОМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

6. Уровни энергии и спектры атома водорода Квантовые числа одноэлектронного атома и степень вырождения его уровней. Зависимость спектров одноэлектронных атомов от заряда и массы ядра. Характеристика стационарных состояний. Правила отбора и вероятности переходов. Тонкая структура уровней энергии и спектральных линий. Сдвиг уровней.

7. Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов. Квантовые числа электронов в сложном атоме и принцип Паули. Электронные слои и оболочки и их заполнение. Зависимость энергии электронов от азимутального квантового числа. Ход заполнения электронных слоев и оболочек. Свойства элементов с заполненными и незаполненными оболочками. Типы спектров различных элементов.

8. Одноэлектронные спектры атомов с одним внешним S электроном. Основной уровень атомов щелочных металлов. Возбужденные уровни и спектральные серии атомов щелочных металлов. Интенсивности в спектрах. Спектры ионов изоэлектронных с атомами щелочных металлов.

9. Основы общей систематики сложных спектров. Сложение орбитальных и спиновых моментов и типы связи. Общая характеристика нормальной связи. Термы конфигураций, состоящих из эквивалентных электронов. Термы смешанных конфигураций, содержащих эквивалентные электроны. Мультиплетное расщепление. Мультиплеты в спектрах. (j,j)-связь.

10. Спектры атомов с двумя внешними S электронами. Общая характеристика спектров атомов с двумя внешними электронами. Спектр атома гелия. Спектры атомов щелочноземельных металлов. Спектры атомов цинка, кадмия, ртути. Смешанные термы.

11. Спектры атомов с заполняющимися и заполненными p оболочками. Общая характеристика спектров с заполняющимися p оболочками. Спектры атомов с одним внешним электроном. Спектры атомов с p оболочками p^2 , p^3 , p^4 . Спектры атомов галоидов. Спектры атомов инертных газов.

12. Спектры атомов с достраиваемыми d и f оболочками.
 Особенности спектров атомов с достраиваемыми оболочками. Общая характеристика спектров атомов с достраиваемыми d оболочками. Спектры атомов с d оболочками заполненными менее чем наполовину. Спектры атомов с d оболочками заполненными наполовину. Спектры атомов с d оболочками заполненными более чем наполовину. Спектры атомов с внешними S электронами и заполненной d оболочкой. Общая характеристика спектров атомов с достраиваемыми f оболочками. Спектры атомов с f оболочками заполненными менее чем наполовину. Спектры атомов с f оболочками заполненными наполовину. Спектры атомов с f оболочками заполненными более чем наполовину.

13. Рентгеновские спектры и Терагерцевая спектроскопия.
 Общая характеристика рентгеновских спектров поглощения и испускания. Терагерцевая спектроскопия. Физические принципы ТГц источников и приемников. Квантовое каскадный ТГц лазер. Применение ТГц излучения. Временная ТГц спектроскопия.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми

(предыдущими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)								
		1	2	6						
1.	Квантовая механика	1	2	6						
2.	Физика твердого тела	1	2	3	4	5				
3.	Основы электроники	7	8	9	10	11	12	13		

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Общие вопросы спектроскопии	Основные квантовые законы					3	3
2.		Основные характеристики уровней энергии					3	3
3.		Симметрия АС и их уровней энергии					3	3
4.		Вероятности переходов и правила отбора					3	3
5.		Интенсивности в спектрах					3	3
6.	Атомная спектроскопия	Уровни энергии и					3	3

		спектры атома водорода						
7.		Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов.					4	4
8.		Одноэлектронные спектры атомов с одним внешним S электроном.					4	4
9.		Основы общей систематики сложных спектров.				9	2	11
10		Спектры атомов с двумя внешними S электронами				9	2	11
11		Спектры атомов с заполняющимися и заполненными оболочками.				9	2	11
12		Спектры атомов с достраиваемыми d и f оболочками.				9	2	11
13	Терагерцевая спектроскопия	Рентгеновские спектры и Терагерцевая спектроскопия.					2	2

6. Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 9	Качественный спектральный анализ	9	Вопросы к зачету	ОПК-1 ПК-8
2.	Тема 10	Количественный спектральный анализ	9	Тесты	ОПК-6, ПК-8

3.	Тема 11	Полуколичественный спектральный анализ	9	Вопросы к зачету	ОПК-6 ОПК-1
4	Тема 12	Измерение температуры плазмы дуги спектроскопическим методом	9	тесты	ПК8

7. **Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)** _____
 _____ не предусматривается _____

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

а) основная литература

1. М.А. Ельяшевич Атомная и молекулярная спектроскопия, изд.2.М., Эдиториал, УРСС, 2001 (ISBN 5-8360-0177-4)
2. Спектроскопия атомов и молекул в конденсированных средах: учеб. Пособие/ Е.А. Раджабов.-Иркутск:Изд-во ИГУ, 2013.- 107 с.

Дополнительная

3. <http://www.nsu.ru/materials/ssl/text/encyclopedia/spectroscopy.html>
4. Труды по атомной спектроскопии на сайте <http://www.samaranews.ru/bes.phtml>
5. Библиотека Института спектроскопии РАН <http://www.gpntb.ru/win/elbib/putevod>
6. Зайдель А.Н. Прокофьев В.К. Райский С.М.Таблицы спектральных линий.1982.
7. Калинин С.К., Замятин Г.М., Перевертун В.М. и др. Атлас спектральных линий (для кварцевого спектрографа). Изд.Наука. Алма-Ата. 1988.
8. И.Куба, Л.Кучера, Ф. Плзак, М.Дворжак, Я Мраз. Таблицы совпадений по атомной спектроскопии, 2000г.
9. <http://www.spectroscopymag.com/spectroscopy/>

в) программное обеспечение ____ Origin, Grafula, Excel.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы __ Читальный электронный зал “Библиотех _” _____

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Оборудование: Спектральные приборы ИСП-22, ИСП-28. Генераторы дугового разряда ДГ-2 и искрового разряда ИГ-3. Микроденситометр МД-100. Стилоскоп СЛ-11.

Материалы: Образцы сталей и сплавов. Набор эталонов на основе дюралюминия. Соли, содержащие элементы периодической системы Д.М.Менделеева. Высококонтрастная универсальная пленка AGFA производство Бельгии. Графитовые электроды.

10. Образовательные технологии:

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы:

Проведение занятий в интерактивной форме, в форме ролевых игр, например, лабораторная работа “ Качественный спектральный анализ.” Разбор конкретных ситуационных задач, например, лабораторная работа “ Количественный спектральный анализ” и др. Мастер классы проходят в виде участия студентов в Международной школе по люминесценции и лазерной физике.

11. Оценочные средства (ОС):

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

11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета (в виде тестов, ситуационных задач) и др. Назначение оценочных средств ТК - выявить сформированность компетенций –ОПК-1, ОПК-2, ПК-5.

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Найти основной терм для нормальной конфигурации урана U ($5f^3 6d 7s^2$).
2. Определить возможные термы для конфигурации эквивалентных электронов p^2 .
3. Рассмотреть конфигурацию марганца Mn ($3d^5 4p^2$) и определить ее терм.
4. Расшифровать запись для атома кислорода (исходная $1s^2 2s^2 2p^4$ конфигурация) : $2p^3(^4S)3s^5S$

1. Найти основной терм для нормальной конфигурации нептуний Np ($f^4 ds^2$).
2. Определить возможные термы для конфигурации эквивалентных электронов p^5 .
3. Рассмотреть конфигурацию марганца Mn ($3d^5 4p^2$) и определить ее терм.
4. Расшифровать запись для атома кислорода (исходная $1s^2 2s^2 2p^4$ конфигурация) : $2p^3(^4S)3s^3S$.

1. Найти основной терм для нормальной конфигурации урана U ($5f^3 6d 7s^2$).
2. Определить возможные термы для конфигурации эквивалентных электронов p^2 .
3. Рассмотреть конфигурацию марганца Mn ($3d^5 4p^2$) и определить ее терм.
4. Расшифровать запись для атома кислорода (исходная $1s^2 2s^2 2p^4$ конфигурация) : $2p^3(^4S)3s^5S$

1. Найти основной терм для нормальной конфигурации берклий ($f^8 d s^2$).
2. Определить возможные термы для конфигурации эквивалентных электронов p^1 .
3. Рассмотреть конфигурацию марганца Mn ($3d^5 4p^2$) и определить ее терм.
4. Расшифровать запись для атома кислорода (исходная $1s^2 2s^2 2p^4$ конфигурация) : $2p^3(^2P)3s^3P$

1. Найти основной терм для нормальной конфигурации кюрий Cm ($5f^7 6d 7s^2$).
2. Определить возможные термы для конфигурации эквивалентных электронов p^5 .
3. Рассмотреть конфигурацию марганца Mn ($3d^5 4p^2$) и определить ее терм.
4. Расшифровать запись для атома кислорода (исходная $1s^2 2s^2 2p^4$ конфигурация) : $2p^3(^2P)3s^1P$

1. Найти основной терм для нормальной конфигурации урана U ($5f^3 6d 7s^2$).
2. Определить возможные термы для конфигурации эквивалентных электронов p^2 .
3. Рассмотреть конфигурацию кобальта ($d^7 p^2$) и определить ее терм.
4. Расшифровать запись для иона марганца (исходная $3d^5 4s^2$ конфигурация) : $3d^5(^6S)4s^5S$

Примечание: Студент готов к зачету, если он знает и понимает основные формулы и законы атомной спектроскопии, умеет их применять для решения задач, знает методы решения задач.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).

Перечень основных понятий и определений:

Спектральный анализ (СА). Принципиальная оптическая схема спектрального прибора. Характеристики спектральных приборов. Зависимость освещенности спектра от ширины входной щели. Нормальная ширина щели. Выбор рациональных условий освещения щели и регистрация спектра. Явление “виньетирования”. Однолинзовый конденсор. Качественный СА. Схема генератора для питания дуги переменного тока. Количественный СА. Схема высоковольтной конденсированной искры. Изучение зависимости фактора контрастности от времени проявления и λ . Характеристическая кривая. Уравнение Шеппарда-Миза. Формула Ламакина-Шейбе. Метод трех эталонов.

Разработчик:



(подпись)

доцент
(занимаемая должность)

Л.И. Щепина
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры __общей и экспериментальной физики

(наименование)

«13» _апреля_____ 2020 __г.

Протокол № 6

Зав. кафедрой _____



_____ Гаврилюк А.А.