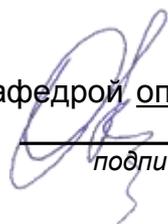


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии
(Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи



24.06.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.02 Основы атомной спектроскопии
Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 – Физика

2. Профиль подготовки /специализации/ магистерская программа:

все профили

3. Квалификация (степень) выпускника:

Высшее образование (бакалавр)

4. Форма образования:

очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Овчинников Олег Владимирович

доктор физико-математических наук, профессор

Леонова Лиана Юрьевна

кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 23.06.22 г. протокол № 6

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2023 / 2024

Семестр(-ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: в приближении центрального поля ввести понятие электронных конфигураций всех атомов таблицы Менделеева, в рамках теории возмущения рассмотреть типы взаимодействия электронов друг с другом, провести на этой основе систематику состояний для всех групп атомов, показать основные серии оптических переходов, ввести расшифровку наиболее характерных спектров некоторых атомов. Курс предназначен для студентов-физиков, как дополнение к теоретическому курсу «Квантовая теория», с целью более глубокого знакомства их с применением квантовой механики при решении задач о систематике стационарных состояний многоэлектронных атомов и связи этих состояний со спектрами.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать знания по применению квантовой механики в конкретном случае – систематика электрических состояний многоэлектронных атомов;
- приобрести умения и навыки работы с квантово-механическим аппаратом;
- получить знания о роли нецентрального и спин–орбитального взаимодействия в систематике состояний атомов;
- ознакомиться с закономерностями расположения состояний в энергетической шкале и спектральных линий в спектрах;
- на примере спектров нескольких атомов получить навыки расшифровки спектров, представления о сериях линий и мультиплетов в спектрах.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: *часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.3), блок Б1*

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-5	Способен проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства приборов и исследование параметров наноструктурных материалов спектральными методами	ПК-5.1 ПК-5.2	Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов Разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических	Знать: материал всех разделов программы по данному курсу. В том числе: уравнение Шрёдингера для многоэлектронных атомов, приближение центрального поля и систематику электронных состояний на его основе, коммутационные соотношения операторов, систематику атомных состояний с учётом нецентрального и спин – орбитального взаимодействия ((L, S)- и (j, j) – связи), термы атомов (эквивалентные и неэквивалентные электроны),

		ПК-5.3	<p>процессов</p> <p>Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов</p>	<p>мультиплеты в спектрах, правило Ланде, диаграммы Гротриана для многоэлектронных атомов, спектры щелочных элементов и элементов с заполняющимися p- и d-оболочками, спектр и тонкую структуру линий атома водорода.</p> <p>Уметь: применять знания при определении электронной конфигурации всех элементов таблицы Менделеева, термов невозбуждённых и возбуждённых состояний многоэлектронных атомов, их мультиплетности, при нахождении полного момента количества движения и положения уровней мультиплета с учётом правила Ланде в случае (L,S)-связи; систематизировать атомные состояния при (j,j) – связи), применять правила «непересечения» при переходе от одного типа связи к другому, строить диаграммы Гротриана для водорода, гелия и щелочных элементов.</p> <p>Владеть: методом разделения переменных при решении дифференциальных уравнений, применением коммутационных соотношений для определения интегралов движения в случае (L,S)- или (j,j) – связи, построением спектров элементов с использованием диаграмм Гротриана.</p>
--	--	--------	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) _____ экзамен _____.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 6
Аудиторные занятия		28	28
в том числе:	лекции	28	28
	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа		44	44
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации экзамен		36	36
Итого:		108	108

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
01	<i>Введение.</i>	<i>Введение. Значение курса в изучении квантовой механики и его роль в спецкурсах каждой специализации.</i>
02	<i>Теоретическая основа описания атомных состояний</i>	<i>Уравнение Шрёдингера для атомов. Релятивистские поправки. Одноэлектронное приближение. Приближение центрального поля.</i>
03	<i>Движение электрона в центральном поле.</i>	<i>Решение уравнения Шрёдингера для движения электрона в центральном поле. Систематика состояний электрона в центральном поле. Электронные конфигурации для всех групп атомов таблицы Менделеева.</i>
04	<i>Учёт поправок к электронным состояниям по теории возмущения.</i>	<i>Нецентральное взаимодействие. Спин – орбитальное взаимодействие. Коммутационные соотношения. Типы связей (L-S связь, (j,j) связь). Полный момент атома.</i>
05	<i>Нормальная связь (L-S связь).</i>	<i>Систематика атомных состояний при L-S связи. Термы. Правило Гунда. Нахождение термов многоэлектронных конфигураций. Незквивалентные и эквивалентные электроны. Атомные уровни.</i>
06	<i>(j, j) – связь.</i>	<i>Систематика электронных и атомных состояний при (j,j) связи. Сопоставление атомных состояний в схеме</i>

		нормальной и $(j j)$ – связи.
07	Мультиплетное расщепление.	Мультиплетное расщепление термов. Правила отбора оптических переходов. Мультиплеты в спектрах.
08	Спектры многоэлектронных атомов.	Спектры многоэлектронных атомов и ионов. Спектральные серии.
09	Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.	Спектральные серии атома водорода. Тонкая структура электронных состояний атома водорода и спектральных линий. Лэмбовский сдвиг.
10	Атомные спектры и периодическая система Менделеева	Периодичность расположения электронов в атомах и атомные спектры. График Мозеля.

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Введение.	2			4		6
2	Теоретическая основа описания атомных состояний	3			6		9
3	Движение электрона в центральном поле.	3			4		7
4	Учёт поправок к электронным состояниям по теории возмущения.	3			4		7
5	Нормальная связь (L-S связь).	3			4		7
6	(j, j) – связь.	3			6		9
7	Мультиплетное расщепление.	3			4		7
8	Спектры многоэлектронных атомов.	3			4		7
9	Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.	3			4		7
10	Атомные спектры и периодическая система Менделеева	2			4		6
	Итого	28			44	36	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

- Подготовка к лекционным занятиям.

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения лабораторных работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОС и ФГОС, используется общая сквозная нумерация для всех видов литературы)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
01	<i>Спектральные методы анализа : учебное пособие / Е.В. Пащикова, Е. Волосова, А.Н. Шитуля и др. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. – 56 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485007. – Библиогр.: с. 44-45. – Текст : электронный.</i>
02	<i>Фриш С. Э. Оптические спектры атомов: учебное пособие / С.Э. Фриш.— Изд. 2-е, испр. — СПб. [и др.]: Лань, 2010.— 644 с.</i> <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=625 >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
03	<i>Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия / М. А. Ельяшевич; предисл. Л. А. Грибова. — Изд. 4-е, стер. — М.: URSS: КомКнига, 2007. — 415 с.: ил. — Загл. корешка : Атомная спектроскопия. — Предм. указ.: с. 404-415.— Библиогр.: с. 379-400.</i>
04	<i>Оптика : учебное пособие / В. С. Акинъшин, Н. Л. Истомина, Н. В. Каленова, Ю. И. Карковский ; под редакцией С. К. Стафеева. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1671-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/56605</i>
05	<i>Собельман И. И. Введение в теорию атомных спектров / И.И. Собельман. — М.: Наука, 1977.— 319 с.</i>
06	<i>Дробышев А. И. Основы атомного спектрального анализа: Учеб. пособие / С.-Петерб. ун-т. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1997.— 198с.</i>
07	<i>Зайдель А.Н. Основы спектрального анализа / А.Н. Зайдель. — М. : Наука, 1965. — 322 с.</i>
08	<i>Давыдов А. С. Квантовая механика: [учебное пособие для студентов ун-тов и техн. вузов] / А.С. Давыдов.— 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011.— 703 с.</i>

09	Бутиков Е. И. Оптика: Учебное пособие. 3е изд., доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 608 с. https://dl.booksee.org/genesis/859000/9ff94037c820a1241f6219cb2cddbcb40/_as/[Butikov_E.I.]_Optika(BookSee.org).pdf
----	---

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1.	ЭБС "Университетская библиотека on-line" https://biblioclub.lib.vsu.ru/
2.	ЭБС "Лань" https://e.lanbook.com/
3.	ЭБС «Электронная библиотека технического вуза» http://www.studentlibrary.ru/
4.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
5.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6.	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mechmat.ru
7.	Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов Министерства образования и науки РФ fcior.edu.ru
8.	Поисковая система e-library.ru
9.	Поисковая система google.ru
10.	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
11.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" http://rucont.ru
12.	ЭБС "Юрайт" http://www.biblio-online.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Дополнительные главы атомных спектров: пособие для студентов : специальность: 010701- Физика / Воронеж. гос. ун-т; сост.: Т.В. Волошина, Л.Ю. Леонов, А.Н. Латышев. - Воронеж, 2004. - 23 с.
2.	Лабораторный практикум по атомной физике: "Атомный эмиссионный спектральный анализ" [Электронный ресурс] : [для проведения лаб. практикума по "Атомной физике" у студ. 3 курса физ. фак., обуч. по направлениям "Физика" и "Радиофизика"; для направлений 011800 - Радиофизика, 011200 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т; [сост. : О.В. Овчинников и др.]. - Электрон. текстовые и граф. дан. - Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-175.pdf >.
3.	Электронный курс для дистанционного обучения "Основы атомной спектроскопии" - к лабораторному практикуму. - https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4117
4.	Электронный курс для дистанционного обучения "Основы атомной спектроскопии" - к курсу лекций. - https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4118

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими

методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “MOOC ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

1.	Пакет офисных программ LibreOffice (https://ru.libreoffice.org/)
2.	Программное обеспечение ПЗС-линейки CCD Tool

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ПК-5.1. Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных	Знает: материал всех разделов программы по данному курсу. В том числе: уравнение Шрёдингера для	Этапы 1-10 Введение. Теоретическая основа описания атомных состояний	Устный опрос

<p>технологических процессов</p> <p>ПК-5.2. Разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов</p> <p>ПК5.3. Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов</p>	<p>многоэлектронных атомов, приближение центрального поля и систематику электронных состояний на его основе, коммутационные соотношения операторов, систематику атомных состояний с учётом нецентрального и спин – орбитального взаимодействия ((L, S)- и (j, j) – связи), термы атомов (эквивалентные и неэквивалентные электроны), мультиплеты в спектрах, правило Ланде, диаграммы Гротриана для многоэлектронных атомов, спектры щелочных элементов и элементов с заполняющимися p- и d-оболочками, спектр и тонкую структуру линий атома водорода.</p> <p>Умеет: применять знания при определении электронной конфигурации всех элементов таблицы Менделеева, термов невозбуждённых и возбуждённых состояний многоэлектронных атомов, их мультиплетности, при нахождении полного момента количества движения и положения уровней мультиплета с учётом правила Ланде в случае (L, S)-связи; систематизировать атомные состояния при (j, j) – связи), применять правила</p>	<p>Движение электрона в центральном поле. Учёт поправок к электронным состояниям по теории возмущения. Нормальная связь (L-S связь). (j, j) – связь. Мультиплетное расщепление. Спектры многоэлектронных атомов. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Атомные спектры и периодическая система Менделеева</p>	
--	--	--	--

	<p>«непересечения» при переходе от одного типа связи к другому, строить диаграммы Гротриана для водорода, гелия и щелочных элементов.</p> <p>Владеет: методом разделения переменных при решении дифференциальных уравнений, применением коммутационных соотношений для определения интегралов движения в случае (L, S)- или (j, j) – связи, построением спектров элементов с использованием диаграмм Гротриана.</p>		
Промежуточная аттестация (экзамен)			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о современных спектральных приборах и принципах их работы.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение всех лекционных занятий. Выполнение всех заданий. Полный ответ на КИМ зачетного занятия. Правильные ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Посещение лекционных занятий. Выполнение заданий с незначительными замечаниями. Полный ответ на КИМ зачетного занятия. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>

Пропуски лекционных занятий. Выполнение заданий с существенными замечаниями. Неполный ответ на КИМ зачетного занятия. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов.	Пороговый уровень	удовлетворительно
Пропуски большинства лекционных занятий, не выполнение заданий. Неправильный ответ на КИМ зачетного занятия. Отсутствие ответов на большинство дополнительных вопросов.	–	неудовлетворительно

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. (LS)-связь.
2. (jj)-связь.
3. Мультиплетное расщепление.
4. Спектры многоэлектронных атомов.
5. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.
6. Периодичность расположения электронов в атомах и атомные спектры. График Мозеля
7. Уровни энергии и спектр атома алюминия.
8. Получение и расшифровка спектрограмм атома алюминия.
9. Группировка линий в серии.
10. Вычисление эффективных квантовых чисел и квантовых дефектов верхних уровней серий.
11. Определение пределов серий, эффективных квантовых чисел и квантовых дефектов основного терма алюминия.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); оценки результатов практической деятельности (выполнение лабораторных работ). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Составитель:

Леонова Лиана Юрьевна,
кандидат физико-математических наук, доцент



Программа рекомендована _____ НМС _____ физического факультета _____

(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол от 22.06.2022 № 6