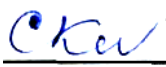


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики
 Кадменский С.Г.
30.06.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.09.02 Дополнительные главы теории атомных ядер

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.03.02 Ядерная физика и технологии

2. Профиль подготовки: Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: к.ф.-м.н., доцент Леонова Лиана Юрьевна, к.ф.-м.н., доцент Волошина Татьяна Васильевна

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от 24.06.2021

8. Учебный год: 2023/2024

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Курс предназначен с целью более глубокого знакомства их с применением квантовой механики к решению задачи о систематике стационарных состояний многоэлектронных атомов и связи этих состояний со спектрами. При этом в лекционном курсе в приближении центрального поля вводится понятие электронных конфигураций всех атомов таблицы Менделеева, в рамках теории возмущения рассматриваются типы взаимодействия электронов друг с другом, проводится на этой основе систематика состояний для всех групп атомов, показываются основные серии оптических переходов, а затем в лабораторном практикуме ведется расшифровка наиболее характерных спектров некоторых атомов.

В результате изучения курса студенты получают знания по применению квантовой механики в конкретном случае – систематика электрических состояний многоэлектронных атомов. Они приобретают умение и навыки работы с квантово-механическим аппаратом. Получают знания о роли нецентрального и спин – орбитального взаимодействия в систематике состояний атомов, знакомятся с закономерностями расположения состояний в энергетической шкале и спектральных линий в спектрах. Во время прохождения лабораторного практикума эти знания закрепляются, а на примере спектров нескольких атомов получают навыки расшифровки спектров, получают представление о сериях линий и мультиплетов в спектрах. Все это позволяет студенту глубже понять квантовую механику, научиться пользоваться математическим аппаратом квантовой механики и увидеть связь квантовой механики с экспериментом.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина по выбору цикла Б1.В.ДВ

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	ПК-1.2; ПК-1.3;	Использует основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора Умеет проводить изучение и анализ литературных и патентных источников по тематике исследований	Уметь: использовать основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора; проводить изучение и анализ литературных и патентных источников по тематике исследований

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) : 4 /144.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 7	№ семестра	...
Аудиторные занятия	54	54		
в том числе: лекции	18	18		
практические				
Лабораторные	36	36		
Самостоятельная работа	90	90		
Форма промежуточной аттестации (зачет)				
Итого:	144	144		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Введение.	Введение. Связь курса с курсом квантовой механики и его значение в изучении квантовой механики. Роль курса в спецкурсах каждой специализации.
2.	Теоретическая основа описания атомных состояний	Уравнение Шредингера для атомов. Релятивистские поправки. Одноэлектронное приближение. Приближение центрального поля.
3.	Движение электрона в центральном поле.	Решение уравнения Шредингера для движения электрона в центральном поле. Систематика состояний электрона в центральном поле. Электронные конфигурации для всех групп атомов таблицы Менделеева.
4.	Учёт поправок к электронным состояниям по теории возмущения.	Нецентральное взаимодействие. Спин – орбитальное взаимодействие. Коммутационные соотношения. Типы связей (L-S связь, (j,j) связь). Полный момент атома.
5.	Нормальная связь (L-S связь).	Систематика атомных состояний при L-S связи. Термы. Правило Гунда. Нахождение термов многоэлектронных конфигураций. Неэквивалентные и эквивалентные электроны. Атомные уровни.
6.	(j, j) – связь.	Систематика электронных и атомных состояний при (j,j) связи. Сопоставление атомных состояний в схеме нормальной и (j j) – связи.
7.	Мультиплетное расщепление.	Мультиплетное расщепление термов. Правила отбора оптических переходов. Мультиплеты в спектрах.
8.	Спектры многоэлектронных атомов.	Спектры многоэлектронных атомов и ионов. Спектральные серии.
9.	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.
11.	Изучение серийной структуры спектра атома алюминия	Уровни энергии и спектр атома алюминия. Получение и расшифровка спектрограмм атома алюминия. Группировка линий в серии. Вычисление эффективных квантовых чисел и квантовых дефектов верхних уровней серий. Определение

		пределов серий, эффективных квантовых чисел и квантовых дефектов основного терма алюминия. Вычисление потенциала ионизации атома алюминия и коэффициента поляризуемости атомного остатка алюминия.
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практическое	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Введение.	1		0	6	7
2.	Теоретическая основа описания атомных состояний	1		0	6	7
3.	Движение электрона в центральном поле.	2		4	8	14
4.	Учёт поправок к электронным состояниям по теории возмущения.	2		4	8	14
5.	Нормальная связь (L-S связь).	2		4	8	14
6.	(j, j) – связь.	2		4	8	14
7.	Мультиплетное расщепление.	2		4	8	14
8.	Спектры многоэлектронных атомов.	2		4	10	16
9.	Спектр атома водорода и водородоподобных ионов.	2		4	10	16
10.	Атомные спектры и периодическая система Менделеева	1		4	10	15
11.	Изучение серийной структуры спектра атома алюминия	1		4	8	15
	Итого:	18		36	90	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- Подготовка к лабораторным 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. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	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.
2.	Собельман И. И. Введение в теорию атомных спектров / И.И. Собельман .— М.: Наука, 1977. — 319 с.
3.	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.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Давыдов А. С. Квантовая механика: [учебное пособие для студентов ун-тов и техн. вузов] / А.С. Давыдов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербурга: БХВ-Петербург, 2011. — 703 с.
5.	Дробышев А. И. Основы атомного спектрального анализа: Учеб. пособие / С.-Петерб. ун-т. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1997. — 198 с.
6.	Фриш С. Э. Оптические спектры атомов: учебное пособие / С.Э. Фриш. — Изд. 2-е, испр. — СПб. [и др.]: Лань, 2010. — 644 с.
7.	Зайдель А. Н. Основы спектрального анализа / А.Н. Зайдель. — М.: Наука: Физматлит, 1965. — 322 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Источник
8.	Поисковая система e-library.ru
9.	Поисковая система google.ru
10.	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
11.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
12.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
13.	ЭБС "Издательства "Лань" https://e.lanbook.com
14.	ЭБС "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru
15.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" https://rucont.ru
16.	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru
17.	Виртуальная обучающая среда Moodle < https://edu.vsu.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.	Общий физический практикум : "Атомный эмиссионный спектральный анализ" [Электронный ресурс] : учебное пособие : [для студ. 3 курса физ. фак. ; для направления 011800 - Радиофизика] / Воронеж. гос. ун-т; [сост. : О.В. Овчинников и др.] .— Электрон. текстовые и граф. дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-31.pdf >.
2.	Лабораторный практикум по атомной физике: "Атомный эмиссионный спектральный анализ" [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : [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 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .—

	<URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-175.pdf >.
3.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в бакалавриате по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4-го курса направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, Л.В. Титова ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019.
4.	Электронный курс для дистанционного обучения «Практикум по атомной эмиссионной спектроскопии» https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=6376

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.).

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

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 «MOOK ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебные и учебно-научные лаборатории кафедры оптики и спектроскопии для проведения лабораторных занятий: генератор активизированной дуги переменного тока и высоковольтной искры ИВС-29 с поджигом высокочастотным разрядом и напряжением порядка 30000 В; спектрометр с плоской дифракционной решеткой PGS-2 с ПЗС-линейкой фирмы ToshibaTCD1304AP; маркерная доска, компьютер, проектор, экран, учебная и методическая литература.

Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)

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)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименования)	ФОС (средства оценивания)
ПК-1.2, ПК-1.3	<p>знать: физические, аппаратные и методические основы современного спектрального анализа;</p> <p>уметь: применять на практике современные спектральные приборы (как призменные, так и дифракционные), источники света и приемники излучения оптического диапазона;</p> <p>владеть: основными методами решения типовых задач спектрального анализа.</p>	Пункты 1-11	Отчет о выполнении лабораторной работы
Промежуточная аттестация (зачет)			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 геофизических явлений;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение использовать знания об опасных космических и гелиофизических явлениях;
- 4) владение современными способами атомного эмиссионного анализа.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
---------------------------------	--------------------------------------	--------------

Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для решения практических задач в области программирования, может при этом допускать незначительные ошибки.	<i>Повышенный и базовый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Обучающийся не владеет теоретическими основами дисциплины, не способен применить их на практике, допускает ошибки при написании программ.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Не зачтено</i>

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 зачету:

1. Строение атома. Сериальная структура атомных спектров. Излучение и поглощение квантов света атомами.
2. Спектральные линии и их характеристики. Абсолютная и относительная интенсивности спектральных линий.
3. Основные этапы спектрально-аналитического процесса для качественного спектрального анализа (выбор линий; выбор источника возбуждения, спектрального прибора; регистрация спектра; методы введения вещества в разрядный промежуток).
4. Физические основы и техника возбуждения атомных эмиссионных спектров. Принцип работы генератора ИВС-29.
5. Спектральные приборы для атомных эмиссионных спектров (принцип строения, осветительная часть, характеристики). Классификация спектральных приборов.
6. Дифракция Фраунгофера. Построение и принцип действия спектрометра с плоской дифракционной решеткой PGS-2.
7. Детектирование атомных эмиссионных спектров. Принцип действия приборов с зарядовой связью.
8. Основные этапы получения и расшифровки атомных эмиссионных спектров для качественного спектрального анализа.
9. Случайные и систематические ошибки эмиссионного анализа.
- 10 Чувствительность спектрального анализа. Предел обнаружения. Надежность. Применение эмиссионного спектрального анализа.

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); тестирования; 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 теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. Практический уровень полученных знаний оценивается при сдаче отчетов по лабораторным работам.

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