


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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

 / Кадменский С. Г./  
30.06.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.04.01 Ядерные модели**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

14.03.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника: бакалавр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

к.ф.-м.н., доцент Вахтель Виктор Матвеевич

**7. Рекомендована:**

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 24.06.2021  
РП продлена на 2022-2023 учебный год, НМС физического факультета от 14.06.2022,  
протокол №6.

Рабочая программа продлена научно-методическим советом физического факультета от  
25.05.2023, протокол №5.

**8. Учебный год: 2024/2025**

**Семестр(ы): 7**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными моделями ядра, используемыми при описании различных ядерно-физических процессов. Вместе с другими спецкурсами кафедры данный спецкурс преследует цель подготовки специалиста по ядерной физике, владеющего приемами и экспериментальной работы и методами теоретического анализа.

Задачи учебной дисциплины:

- научить студентов проводить теоретический анализ ядерно-физических явлений с помощью соответствующих моделей ядра и рассчитывать на их основе конкретные ядерные характеристики.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1.В.ДВ. (Дисциплины по выбору).

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Готов к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов.	ПК-3.4	Измеряет параметры образцов материалов и компонент, выбирает типы, типонаименования и типоразмеры компонент, отвечающие функциональным, конструктивным и эксплуатационным требованиям.	знать: основы организации и планирования физических исследований; методы проведения физических исследований по заданной тематике; понимать методы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом; уметь: обрабатывать и анализировать полученные результаты физических исследований; владеть: методами инженерно-технологической деятельности; проводить измерение ионизации в воздухе; измерять поглощенную дозу; применять методы и аппаратуру для относительной и контрольной дозиметрии; применять расчётные методы определения дозы.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час —4/144.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		7 семестр	
Аудиторные занятия	54	54	
в том числе:	лекции	36	36
	практические	18	18
	лабораторные		
Самостоятельная работа	90	90	

в том числе: курсовая работа (проект)		
Контроль		
Форма промежуточной аттестации	Зачет	Зачет
Итого:	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение.	Цели и задачи курса. Структура ядра и ядерные модели. Основные типы ядерных моделей и области их применения.	-
1.2	Оболочечная модель ядра.	Экспериментальные и теоретические основы модели. Самосогласованный потенциал и остаточные взаимодействия. Одночастичные состояния оболочечной модели и их классификация. Использование оболочечной модели для расчета одночастичных характеристик атомных ядер. Вероятности электромагнитных переходов в рамках одночастичной оболочечной модели. Явление изомерии.	-
1.3	Одночастичная модель деформированного ядра.	Одночастичное движение в несферических ядрах. Построение одночастичного потенциала для деформированных ядер. Модель Нильссона и классификация одночастичных состояний в рамках этой модели. Спектры нечетных деформированных ядер.	-
1.4	Сверхтекучая модель атомного ядра.	Спаривательное взаимодействие и экспериментальное подтверждение существования сверхтонких корреляций в ядрах. Гамильтониан сверхтонкой модели и его диагонализация методом U-V-преобразований Боголюбова. Квазичастицы. Условия возникновения сверхтекучести. Волновые функции и спектры возбуждения четно-четных сферических ядер в сверхтекучей модели	-
1.5	Обобщенная модель атомного ядра.	Одночастичные и коллективные степени свободы в атомных ядрах, виды коллективного движения. Ротационная модель. Гамильтониан и волновые функции ротационной модели в адиабатическом приближении. Вращательные спектры нечетных деформированных ядер. Вероятности электромагнитных переходов. Связь коллективных и одночастичных движений, кориолисово взаимодействие. Вибрационная модель ядра. Гамильтониан модели. Волновые функции и спектры возбуждения четно-четных сферических ядер. Бета- и гамма-колебания ядра. Спектры возбуждения четно-четных деформированных ядер.	-

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Введение.	6	2		18		26
2	Оболочечная модель ядра.	6	4		18		28

3	Одночастичная модель деформированного ядра.	8	4	18	30
4	Сверхтекучая модель атомного ядра.	8	4	18	30
5	Обобщенная модель атомного ядра.	8	4	18	30
	Итого:	36	18	90	144

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

#### 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	И.В. Ракобольская. Ядерная физика — Изд. 3-е, перераб. — Москва : URSS, 2014 .— 241 с.
2	Детлаф А. А. Курс физики : [учеб. пособие для студ. вузов] / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский .— 10-е изд., стер. — Москва : Издательский центр "Академия", 2015 .— 719, [1 ] с. (20 шт.)
3	Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: в 3 т. / К.Н. Мухин.— Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2009- .— (Классическая учебная литература / ред. совет: Ж.И. Алферов (пред.) [и др.]
4	Михайлов М. А. Ядерная физика и физика элементарных частиц: учебное пособие : в 2-х ч, Ч. 1. Физика атомного ядра/ М. А.Михайлов .— М.: Прометей, 2011.— 94 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.— URL: <a href="http://biblioclub.ru">http:// biblioclub.ru</a> »

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6	Соловьев, Вадим Георгиевич. Теория атомного ядра : Ядерные модели / В. Г. Соловьев .— М. : Энергоиздат, 1981 .— 295 с.
7	Ишханов Б. С. Частицы и атомные ядра : учебник по дисциплине "Физика атом. ядра" для студ. вузов, обуч. по специальностям 010701 - "Физика", 010705 - "Физика атом. ядра и частиц" и направлению 010700 - "Физика" / Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н.П. Юдин ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— Изд. 2-е, испр. и доп. — М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2007 .— 581 с.
8	Современная философия науки. Хрестоматия. М: Логос, 1996.
9	Ландау Л. Д. Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физических специальностей университетов: В 10 т.
10	Ю. М. Широков, Н. П.Юдин. Ядерная физика. М: Наука, 1972
11	М. Боулер. Гравитация и относительность. М: Мир, 1979.
12	Мигдал А. Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер / А.Б. Мигдал .— 2-е изд., перераб. и допол. — М. : Наука, 1983 .— 429, с.
13	Пайерлс П.Е. Квантовая теория твердых тел / П.Е. Пайерлс.— М. : Изд.-во иностр. лит., 1956. — 258 с.
14	В. В. Свиридов. Эволюция естественнонаучной картины мира. Издат. Воронежского Пед. Инст. 1994.
15	В. С. Барашенков. Вселенная в электроне. М: Детская литература, 1988.

16	П. Л. Капица. Эксперимент, теория, практика. М: Наука, 1974.
17	Д. Гудинг и Д. Леннокс. Мировоззрение. Изд. «Норд», Ярославль, 2001.
18	Соловьев В.Г. Теория атомного ядра / В.Г. Соловьев. - М. : Энергоатомиздат, 1981.
19	Бор О. Структура атомного ядра: в 2 т. / О. Бор, Б. Моттelson. – М. : МИР, 1971. – Т. 1 : Одночастичное движение. – 1971. – 456 с.
20	Бор О. Структура атомного ядра: в 2 т. / О. Бор, Б. Моттelson. – М. : МИР, 1977. – Т. 2 : Деформация ядер. – 1977. – 464 с.
21	Ситенко А.Г. Лекции по теории ядра / А.Г. Ситенко, В.К. Тартаковский.– М. : Атомиздат, 1972.
22	Давыдов А.С. Теория атомного ядра / А.С. Давыдов. – М. : Физматгиз, 1958.
23	Айзенберг И. Модели ядер. Коллективные и одночастичные явления / И. Айзенберг, В. Грайнер – М. : Атомиздат, 1970.
24	Браун Дж. Единая теория ядерных моделей и сил / Дж. Браун. – М. : Атомиздат, 1970.
25	Строение атомного ядра / Пер.с англ.; под ред. А.С. Давыдова. – М.: Изд.-во иностранной литературы, 1959.

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

№ п/п	Ресурс
	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ

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

№ п/п	Источник
1	Сарычева, Людмила Ивановна. Введение в физику микромира. Физика частиц и ядер : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальностям 010701.65 "Физика" и 010702.65 "Астрономия"] / Л.И. Сарычева. — Изд. 4-е. — М. : URSS, 2012. — 220, [1] с.
2	Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 2. Элементарные частицы [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Михайлов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Прометей, 2013. — 28 с.
3	Михайлов, М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц: учебное пособие: в 2-х ч / М.А. Михайлов. - Москва: Прометей, 2011. - Ч. 1. Физика атомного ядра. - 94 с. - ISBN 978-5-4263-0048-4

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a> )	г.Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. I, ауд. 343
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-T	г.Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. I, ауд. 31
Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. I, ауд. 313а

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение.	ПК-3	ПК-3.4	Устный опрос, собеседование по билетам к зачету
2.	Оболочечная модель ядра.			
3.	Одночастичная модель деформированного ядра.			
4.	Сверхтекучая модель атомного ядра.			
5.	Обобщенная модель атомного ядра.			
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	<i>Пороговый уровень</i>	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

---

### 20.2.1. Перечень вопросов к зачету:

1. Основные положения оболочечной модели ядра. Уравнение движения нуклона в самосогласованном поле ядра. Уравнение для радиальной волновой функции нуклона в оболочечной модели ядра.
2. Основные характеристики одночастичных состояний при использовании потенциала Нильссона.
3. Предельные случаи для радиального уравнения Шредингера.
4. Основные предположения обобщенной модели ядра.
5. Кулоновская асимптотика радиального уравнения Шредингера.
6. Волновая функция в обобщенной модели ядра.
7. Свойства потенциала самосогласованного поля ядра.
8. Основные характеристики состояний нуклона в обобщенной модели ядра.
9. Основные характеристики состояния нуклона в оболочечной модели.
10. Описание ротационных движений в обобщенной модели ядра.
11. Спин-орбитальное взаимодействие.
12. Ротационные спектры атомных ядер.
13. Спин-пространственная волновая функция нуклона.
14. Колебания ядерной поверхности в обобщенной модели ядра.
15. Потенциал Саксона-Вудса.

16. Волновые функции и спектры возбуждения четно-четных сферических ядер в рамках вибрационной модели. Моменты инерции атомных ядер.
17. Энергетические спектры нуклонов в оболочечной модели ядра.
18. Гамильтониан и волновая функция вибрационной модели ядра.
19. Магнитные дипольные моменты ядер. Кривые Шмидта.
20. Бета- и гамма- колебания ядер.
21. Электрические квадрупольные моменты ядер.
22. Спаривательное взаимодействие и экспериментальное подтверждение существования сверхтонких корреляций в ядрах.
23. Основные характеристики одночастичных состояний в несферических ядрах.
24. Гамильтониан сверхтонкой модели и его диагонализация методом U-V-преобразований Боголюбова.
25. Потенциал Саксона-Вудса для несферических ядер.
26. Квазичастицы. Условия возникновения сверхтекучести.
27. Электрические квадрупольные моменты ядер.
28. Спаривательное взаимодействие и экспериментальное подтверждение существования сверхтонких корреляций в ядрах.
29. Потенциал Нильссона.
30. Вероятности электромагнитных переходов.

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом дисциплины (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики.	<i>Достаточный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в ответе.	–	<i>Не зачтено</i>