

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики
 Кадменский С.Г.
17.06.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.05.02 Дополнительные главы теории ядра

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

физич 03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки: Ядерная и медицинская физика

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 Титова Л.В.

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета,
протокол № 6 от 17.06.2021

*РП продлена на 2022-2023 учебный год НМС физического факультета 14.06.2022,
протокол №6.*

(отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики элементарных частиц, изучение теоретических концепций физики высоких энергий за пределами Стандартной Модели, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование базовых знаний в области теоретической физики и физики элементарных частиц;

- обучение студентов современным методам теоретического описания явлений физики высоких энергий и навыкам решения сопутствующих задач;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

- учебная дисциплина относится к вариативной части блока Б1.

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-2	Обработка и анализ результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений и составление отчетов по выполненным этапам работ	ПК-2.6	Методы и средства математической обработки и обобщения результатов исследований	1.1. Знать: основные теоретические представления о низкоэнергетическом делении атомных ядер и свойствах атомных ядер, влияющих на процесс деления, основы квантовой теории деления атомных ядер, механизмы возникновения асимметрий и анизотропии в угловых распределениях продуктов двойного и тройного деления ядер. 1.2. Уметь: при использовании аппарата квантовой теории деления рассчитывать анизотропии и асимметрии в угловых распределениях фрагментов двойного и тройного деления ядер. 1.3. Владеть: теоретическими основами процесса деления атомных ядер, являющегося определяющим в работе атомной энергетики.
ПК-4	Проведение расчетов и подтверждающих измерений характеристик ядерного топлива на АС	ПК-4.1	Расчет изотопного состава ядерного топлива	
		ПК-4.3	Применять методики расчета изотопного состава ядерного топлива	

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

Форма промежуточной аттестации *Экзамен*

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		8	
Аудиторные занятия				
в том числе: лекции	12	12		
практические				
лабораторные	24	24		
контроль самостоятельной работы				
Самостоятельная работа	36	36		
Контроль	36	36		
Итого:	108	108		
Форма промежуточной аттестации	экзамен	экзамен		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Лабораторные работы		
1	Общие теоретические представления о делении ядер	Общие теоретические представления о спонтанном и низкоэнергетическом индуцированном двойном делении ядер
2	Двойное деление ядер	Квантовая теория спонтанного и низкоэнергетического вынужденного двойного деления ядер
3	Тройное деление ядер	Общие теоретические представления о тройном делении ядер
4	Низкоэнергетическое вынужденное тройное деления ядер	Квантовая теория спонтанного и низкоэнергетического вынужденного тройного деления ядер
5	Т-нечетные асимметрии	Т-нечетные асимметрии в тройном делении ядер. Р-четные и Р-нечетные асимметрии в двойном и тройном делении ядер
6	Р-четные и Р-нечетные асимметрии	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п / п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)						
		Лекц ии	Практичес кие	Лаборато рные	Контроль	Самостоя тельная работа	Подготовка	Всего
1	Общие теоретические представления о делении ядер	2		4		6		12
2	Двойное деление ядер	2		4		6		12
3	Тройное деление ядер	2		4		6		12
4	Низкоэнергети ческое вынужденное тройное деления ядер	2		4		6		12
5	Т-нечетные асимметрии	2		4		6		12
6	Р-четные и Р- нечетные асимметрии	2		4		6		12
	Итого	12		24		36		108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. выполнение практических заданий, тестов
2. выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации.

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)

основная литература:

№ п/п	Источник
1	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.
2	Савельев И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 2. Квантовая механика/ И.В.Савельев.– Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-0620-3, 2016.– 432 с. // Издательство «Лань»: электронно-библиотечная система.– URL: https://e.lanbook.com/book/ 71765#book_name .
3	Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. 6-е изд, стер. / Э.В.Шпольский.– Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-1006-4, 2010.– 448 с. // Издательство «Лань»: электронно-библиотечная система.– URL: https://e.lanbook.com/book/ 443#book_name .

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Весс Ю. Суперсимметрия и супергравитация / Ю. Весс, Д. Беггер. – М.: Мир, 1986. – 179 с.
5	Вайнберг С. Квантовая теория поля / С. Вайнберг. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 648 с.
6	Уэст П. Введение в суперсимметрию и супергравитацию / П. Уэст.– М.: Мир, 1989. – 328 с.
7	Sohnius M. Introducing supersymmetry / M. Sohnius // Phys. Rept. – 1985. – V. 128 – P. 39.
8	Drees M. Theory and Phenomenology of Sparticles / M. Drees, R.M. Godbole, P. Roy. – Singapore: World Scientific, 2005. – 584pp.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	https://edu.vsu.ru
10	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ

Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

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
10	Ландау Л. Д. Теоретическая физика : В 10 т.: Учеб. пособие для студ. физ. специальностей ун-тов / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; Под ред. Л.П. Питаевского .— М. : Физматлит, 2001 -. Т. 3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория .— 5-е изд., стер. — 2001 .— 803 с.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д. Методические указания к лабораторным работам.

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 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 - 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:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: ноутбук, мультимедиа-проектор, экран	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 436
Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 313А

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы:

учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

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)
---	--	---	----------------------------

<p>ПК-4</p> <p>способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p>	<p>Знать: основные теоретические представления о низкоэнергетическом делении атомных ядер и свойствах атомных ядер, влияющих на процесс деления, основы квантовой теории деления атомных ядер, механизмы возникновения асимметрий и анизотропии в угловых распределениях продуктов двойного и тройного деления ядер.</p> <p>Уметь: при использовании аппарата квантовой теории деления рассчитывать анизотропии и асимметрии в угловых распределениях фрагментов двойного и тройного деления ядер.</p> <p>Владеть: теоретическими основами процесса деления атомных ядер, являющегося определяющим в работе атомной энергетики.</p>	<p>Раздел 1. Общие теоретические представления о спонтанном и низкоэнергетическом индуцированном двойном делении ядер</p> <p>Раздел 2. Квантовая теория спонтанного и низкоэнергетического вынужденного двойного деления ядер</p> <p>Раздел 3. Общие теоретические представления о тройном делении ядер</p> <p>Раздел 4. Квантовая теория спонтанного и низкоэнергетического вынужденного тройного деления ядер</p> <p>Разделы 5-6. Т-нечетные асимметрии в тройном делении ядер. Р-четные и Р-нечетные асимметрии в двойном и тройном делении ядер</p>	<p>Собеседование</p> <p>Доклад</p> <p>Собеседование</p> <p>Доклад</p> <p>Комплект КИМ</p>
--	---	---	---

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

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

Для оценивания результатов обучения на экзамене/Экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины;;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами,

- 4) умение решать задачи, связанные теорией ядра.
 5) владение теорией радиоактивного распада

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полный ответ на вопросы билета и дополнительные вопросы, оформленная и выполненная лабораторная работа.	Повышенный уровень	Отлично
Для полного ответа требуются наводящие вопросы. Неполные ответы на дополнительные вопросы. Оформленная и выполненная лабораторная работа с незначительными ошибками.	Базовый уровень	Хорошо
Неполный ответ на вопросы. Неполные ответы на дополнительные вопросы. Общий объем продемонстрированных знаний при этом не менее 75%. Лабораторная работа со значительными ошибками.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Неправильный ответ на вопросы билета. Неполные ответы на дополнительные вопросы. Общий объем продемонстрированных знаний при этом менее 75. Отсутствие оформленной лабораторной работы	■	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

УТВЕРЖДАЮ
 Заведующий кафедрой
 _____ Кадменский С.Г.
 . 20 ____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика

Дисциплина Дополнительные главы теории ядра

Форма обучения очное

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_1_

1. Общее понятие деления атомного ядра. Стадии деления атомного ядра.
2. Динамика тройного деления. Переход в уравнении Шредингера, описывающем движение продуктов тройного деления к гипергеометрическим координатам.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_2_

1. Потенциал деформации ядра в модели двугорбого барьера деления. Ядерная изомерия.
2. Понятие Т-нечетных асимметрий и их связь с Т-инвариантностью. Экспериментальное обнаружение Т-нечетных асимметрий в тройном делении ядер.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_3_

1. Механизм появления анизотропии в угловых распределениях фрагментов деления в работах О. Бора и В.М. Струтинского.
2. Вероятности вылета третьих частиц в тройном делении ядер. Механизм «встряски».

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_4_

1. Общие представления квантовой теории двойного деления ядер. Волновые функции фрагментов деления, каналовые функции.
2. Теоретическое описание Т-нечетных асимметрий в рамках квантовой теории тройного деления ядер.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_5_

1. Механизм генерации больших значений спинов и относительных орбитальных моментов фрагментов двойного деления ядер.
2. Понятие Р-нечетных и Р-четных асимметрий и их связь с сохранением пространственной четности. Экспериментальное наблюдение Р-нечетных и Р-четных асимметрий в делении ядер.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_6_

Представление о «холодности» делящегося ядра.
Теоретическое описание Р-нечетных асимметрий в рамках квантовой теории тройного деления ядер.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_7_

1. Анализ экспериментальных свойств тройного деления. Современные теоретические модели тройного деления ядер.
2. Ядерные и кулоновские потенциалы взаимодействия продуктов деления.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
. .20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика
Дисциплина Дополнительные главы теории ядра

Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_8_

1. Теоретическое описание Р-нечетных асимметрий в рамках квантовой теории двойного и тройного деления ядер.
2. Механизм генерации больших значений спинов и относительных орбитальных моментов фрагментов двойного деления ядер.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Кадменский С.Г.
.20____

Направление подготовки 03.03.02— Физика /Ядерная физика

Дисциплина Дополнительные главы теории ядра

Форма обучения очное

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №_9_

Теоретическое описание Р-четных асимметрий в рамках квантовой теории двойного и тройного деления ядер.
Динамика тройного деления. Энергетические характеристики продуктов тройного деления.

Преподаватель _____ Титова Л.В.

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 формах: *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); выполнение практико-ориентированных заданий, лабораторные работы, тестирование)*

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
При оценивании используется количественная шкала оценок
Критерии оценивания приведены выше.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ **Б1.В.ДВ.05.02** Дополнительные главы теории ядра

Направление 03.03.02 Физика

Профиль подготовки

Форма обучения: очная

Учебный год 2017/2018

Ответственный исполнитель
Заведующий кафедрой

ядерной физики, д.ф.м.н., профессор _____ С.Г.Кадменский __. __ 20__

Исполнители

Доцент, к.ф.м.н. _____ Титова Л.В. __. __ 20__

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП
по направлению
К.ф.м.н.,

доц. кафедры ядерной физики _____ Д.Е.Любашевский __. __ 20__

Начальник отдела
обслуживания ЗНБ

_____ __. __ 20__

Программа рекомендована НМС физического факультета

протокол № 12 _от 31.12. 2017г.