


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Ядерной физики  
 Кадменский С.Г.  
28.08.2019

**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:**

**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 26.06.2019

---

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

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

**8. Учебный год:** 2022/2023

**Семестр(ы):** 8

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель курса — 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.

- 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:

Дисциплина «Дополнительные главы теории ядра» Дисциплина по выбору вариативной части.

- Она базируется на курсах дисциплин, изучаемых в образовательных программах бакалавриата математического и естественнонаучного цикла: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функций комплексного переменного», «Дифференциальные уравнения», «Интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория вероятности и математическая статистика», а также профессионального цикла: «Атомная физика», «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Теоретическая механика и механика сплошных сред», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Линейные и нелинейные уравнения физики». Для освоения дисциплины «Дополнительные главы квантовой теории» необходимы знания, умения и компетенции, полученные при изучении вышеуказанных дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению 03.03.2 «Физика».

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
профессиональные		
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p>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.</p> <p>1.2. Уметь: при использовании аппарата квантовой теории деления рассчитывать анизотропии и асимметрии в угловых распределениях фрагментов двойного и тройного деления ядер.</p> <p>1.3. Владеть: теоретическими основами процесса деления атомных ядер, являющегося определяющим в работе атомной энергетики.</p>

### 12. Объем дисциплины в Экзаменных единицах/час.(в соответствии с учебным планом)

3 /108. Форма промежуточной аттестации Экзамен

:

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			8		.....
Аудиторные занятия	24		24		
в том числе:					
лекции					
практические					
лабораторные	24		24		
контроль самостоятельной работы					
Самостоятельная работа	48		48		
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			4	8	6		18
2	Двойное деление ядер			4	8	6		18
3	Тройное деление ядер			4	8	6		18
4	Низкоэнергети ческое вынужденное тройное деления ядер			4	8	6		18
5	Т-нечетные асимметрии			4	8	6		18
6	Р-четные и Р- нечетные асимметрии			4	8	6		18
	Итого			24	48	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/71765#book_name">https://e.lanbook.com/book/71765#book_name</a> .
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: <a href="https://e.lanbook.com/book/443#book_name">https://e.lanbook.com/book/443#book_name</a> .

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	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – 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. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

**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 лаборатория*

*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>Собеседование</p> <p>Доклад</p> <p>Собеседование</p> <p>Доклад</p>

		Разделы 5-6. Т-нечетные асимметрии в тройном делении ядер. Р-четные и Р- нечетные асимметрии в двойном и тройном делении ядер	Комплект КИМ
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------

\* 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 \_\_\_\_\_ТитоваЛ.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.