

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
теоретической физики



Фролов М.В.
___. ___. 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
2.1.1.3 Теоретическая физика

1. Шифр и наименование специальности:

1.3.3 «Теоретическая физика»

2. Форма образования: *очная*

3. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра теоретической физики

4. Составители программы: Фролов Михаил Владимирович, д.ф.-м.н., профессор

5. Рекомендована: Ученым советом физического факультета, протокол № 5 от 20.05.2025

6. Учебный год: 2028-2029

Семестр: 7

7. Цели и задачи учебной дисциплины: Цели и задачи дисциплины: данная дисциплина относится к циклу Специальных дисциплин отрасли науки и научной деятельности. Для освоения данной дисциплины необходимы знания по курсам теоретической физики, физики атомного ядра, квантовой теории, математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления, изучаемым в процессе высшего образования по направлению подготовки или специальности «Физика», подтвержденные результатами выпускных экзаменов.

Курс направлен на формирование у аспирантов базовых знаний о современных теоретических методах исследования физических процессов в области ядерной физики.

8. Место учебной дисциплины в структуре ППО: Данная дисциплина относится к образовательному компоненту Блока 2, Дисциплины (модули), направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов.

9. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Компетенции		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование	
ОК-5	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<i>Знать:</i> - основы теории атомного ядра и ядерных реакций <i>Уметь:</i> - использовать закономерности для расчетов характеристик атомных ядер и ядерных реакций; - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе исследовательской деятельности <i>Владеть:</i> - методами оформления литературного обзора, качественных и количественных результатов исследований

10. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3 / 108.

11. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)
Всего часов	108
в том числе:	
Контактная работа	18
Самостоятельная работа	81
Контроль	9
Форма промежуточной аттестации	экзамен
Итого:	108

12. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1	Ядерные силы и модели ядра	1.1. Общие свойства ядерного вещества. Полная энергия ядер. Энергия связи. Химический потенциал, импульс Ферми (модель ферми-газа). 1.2. Нуклон-нуклонные взаимодействия при низких энергиях. Изотопическая симметрия. Тензорные силы. Мезонная теория сильного взаимодействия. Феноменологические нуклон-нуклонные потенциалы. Дейтрон. 1.3. Оболочечная модель ядра. Средний ядерный потенциал. Последовательность одночастичных уровней. Частично-дырочный формализм. Метод Хартри-Фока. Приближение хаотических фаз. Гигантские резонансы. Зарядовообменные резонансы. Релятивистские модели среднего поля ядра. 1.4. Парные взаимодействия сверхпроводящего типа. Модель Бардина-Купера-Шриффера. Преобразование Боголюбова, квазичастицы. Энергетическая щель, энергия основного состояния. 1.5. Ротационные и вибрационные спектры ядер. Моменты инерции. Электромагнитные переходы и правила отбора. Метод бозонных разложений. Модель взаимодействующих бозонов и фермионов. Высокоспиновые состояния. Статистическое описание сильновозбужденных ядер. Плотность уровней ядра. 1.6. Ядро как конечная ферми-система. Метод функций Грина. Аналитические свойства функций Грина. Спектральное разложение. Одночастичные функции Грина для бесконечных и конечных систем. Взаимодействие между квазичастицами. Парные корреляции в формализме функций Грина. 1.7. Бета-распад ядер. Гамильтониан слабого взаимодействия. Правила отбора для бета-переходов. f-величины. Гипотеза сохранения векторного тока и частичного сохранения аксиально-векторного тока. Мю-захват. Несохранение четности в слабом взаимодействии. Описание бета-распада свободного нейтрона. Матричные элементы бета-переходов ядер и их оценки в ядерных моделях. Процессы двойного двухнейтринного и безнейтринного бета-распада. 1.8. Протонный распад, альфа-распад и кластерные распады ядер. Запаздывающие распадные процессы. Деление ядер. Спонтанное деление. Мультимодальное деление. Метод оболочечной поправки Струтинского. Нарушение четности в процессах деления. Трансурановые и сверхтяжелые элементы, остров стабильности сверхтяжелых ядер.
2	Теория ядерных реакций	2.1. Волновые функции непрерывного спектра. Аналитические свойства S-матрицы. Дисперсионные соотношения. Амплитуда рассеяния. T-матрица. Вероятность и сечение рассеяния. Оптическая теорема. 2.2. Рассеяние двух частиц без спина и со спином. Принципы инвариантности и законы сохранения. Одноканальное и многоканальное рассеяние. Борновский ряд. Борновское приближение с плоскими и искаженными волнами. 2.3. Рассеяние электронов на ядрах. Мультипольное разложение. Упругое и неупругое рассеяние. Радиационные поправки. 2.4. Оптическая модель взаимодействия нуклонов с ядрами. Мнимая часть потенциала. Прямые ядерные реакции. Реакции выбивания, подхвата, передачи.

		2.5. Рассеяние на системах связанных частиц. Квазиупругое рассеяние. Многократное рассеяние, теория Глаубера. Ядро-ядерные столкновения. Реакции слияния. Рассеяние мезонов на ядрах. Поглощение мезонов. Пимезоатомы. Гиперядра. 2.6. Реакции с медленными нейтронами. Резонансный захват нейтронов. Формула Брейта-Вигнера. Рассеяние нейтронов ядрами. Рассеяние нейтронов кристаллами. Отражение и поляризация нейтронов. Дифракционное рассеяние. Нейтронная спектроскопия. Ультрахолодные нейтроны. 2.7. Фотоядерные процессы. Гигантские мультипольные резонансы. Реакции перезарядки. Бета-распад ядер. Аналоговый и гамов-теллеровский резонансы.
--	--	---

13. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лекции	Самостоятельная работа	Всего
1	Ядерные силы и модели ядра, раздел 1.1, 1.2	2	10	16
2	Ядерные силы и модели ядра, раздел 1.3 - 1.5	4	12	24
3	Ядерные силы и модели ядра, раздел 1.6 - 1.8	4	13	24
4	Теория ядерных реакций, раздел 2.1., 2.2	2	12	18
5	Теория ядерных реакций, раздел 2.3., 2.4	2	12	22
6	Теория ядерных реакций, раздел 2.5., 2.6	2	12	22
7	Теория ядерных реакций, раздел 2.6., 2.7	2	10	18
	Контроль			9
Итого:		18	81	108
Итого по курсу:				108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Теоретическая физика» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения преподавателем и самостоятельной учебной деятельности по изучению дисциплины.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы. Обучающимся, чтобы хорошо овладеть материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее

обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Результат обучения и самостоятельной работы предполагает наличие следующих составляющих: понимание методологических основ построения изучаемых знаний; выделение главных структур учебного курса; формирование средств выражения в данной области; построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Чечуев В.Я. Физика атомного ядра. Учебное пособие /Чечуев В.Я., Викулов С.В., Селиванова Э.Б., Митина Л.А. //Новосибирск. - Золотой колос. - 2014. – 129 с. Электронный ресурс: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278160
2	Барабанов А.Л. Симметрии и спин-угловые корреляции в реакциях и распадах / А.Л. Барабанов М. : Физматлит, 2010 – 520 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Бор О., Моттельсон Б. Структура атомного ядра. Т. 1, 2. М.: Мир, 1971, 1977.
4	Мигдал А.Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер. М.: Наука, 1983.
5	Соловьев В.Г. Теория сложных ядер. М.: Наука, 1971.
6	Тейлор Дж. Теория рассеяния. М.: Мир, 1976.
7	Базь А.И., Зельдович Я.Б., Переломов А.М. Рассеяние, реакции и распады в нерелятивистской квантовой механике. М.: Наука, 1971.
8	Кадменский С.Г., Фурман В.И. Альфа-распад и родственные ядерные реакции. М.: Энергоатомиздат, 1985.
9	Ситенко А.Т., Тарковский В.К. Лекции по теории ядра. М.: Атомиздат, 1972.
10	Ситенко, А.Г. Теория ядерных реакций : Учебное пособие для физ. спец. вузов / А.Г. Ситенко М. : Энергоатомиздат, 1983
11	Зеленская Н.С. Характеристики возбужденных состояний ядер и угловые корреляции в ядерных реакциях / Н.С. Зеленская, И.Б. Теплов М. : Энергоатомиздат, 1995
12	Блин-Стойл Р. Фундаментальные взаимодействия и атомное ядро. Гл. 3, 4. М.: Мир, 1976.
13	Барретт, Роджер. Размеры и структура ядер : пер. с англ / Р. Барретт, Д. Джексон. Киев : Наукова думка, 1981. 419 с.
14	Немец О.Ф. Ядерные реакции : Учебное пособие для студентов вузов / О.Ф. Немец, К.О. Теренецкий Киев : Вища школа, 1977
15	Соловьев В.Г. Теория атомного ядра : Ядерные модели / В. Г. Соловьев М. : Энергоиздат, 1981 295 с
16	Гейзенберг, Вернер Теория атомного ядра : Пер. с нем / В. Гейзенберг М. : Изд-во иностр. лит., 1953 155 с. : ил
17	Федоров В.В. Нейтронная физика : учебное пособие / В. В. Федоров ; С.-Петерб. гос. политехн. ун-т, Каф. эксперимент. Физики СПб. : Изд-во ПИЯФ, 2004
18	Лейн, А. Теория ядерных реакций при низких энергиях / А. Лейн, Р. Томас ; Под ред. В.М. Аграновича; Пер. с англ. М.Н. Николаева и А.В. Шутько М. : Изд-во иностранной литературы, 1960

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Источник
19	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
20	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
21	<URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07094.pdf >.
22	<URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-194.pdf >.

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова. — Воронеж, 2015. — 22 с.
2	Основы научных исследований: теория и практика : учебное пособие для студ. вузов / В.А. Тихонов [и др.]. — М. : Гелиос АРВ, 2006. — 349 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:

№ п/п	Источник
1	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для осуществления научно-исследовательской деятельности используется лабораторный фонд кафедры теоретической физики и кафедры ядерной физики физического факультета университета, научно-исследовательских подразделений физического факультета, лабораторий Центра коллективного пользования ВГУ, а также профильных организаций:

- Компьютерная лаборатория для проведения семинарских и практических занятий ауд. 313;

Для проведения численных расчетов – лаборатория ауд. 507.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 313, ауд. 30.

Аудитория для самостоятельной работы аспирантов: компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт., подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ, ауд. 31.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования планируемых результатов обучения:

Код и содержание компетенции	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)
ОК-5 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в	Знать - основы теории атомного ядра и ядерных реакций	Темы 1,2	
	Уметь использовать закономерности для расчетов характеристик	Темы 1,2	

соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	атомных ядер и ядерных реакций;		
	Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе исследовательской деятельности	Разделы 1.2-1.7	
	Владеть - методами оформления литературного обзора, качественных и количественных результатов исследований	Разделы 2.1-2.7	
Промежуточная аттестация – экзамен			КИМ

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Теоретическая физика» осуществляется по следующим показателям:

- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Теоретическая физика»:

– оценка «*отлично*» выставляется при полном соответствии работы всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка «*хорошо*» выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка «*удовлетворительно*» выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка «*неудовлетворительно*» выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники» и отраженных в

вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если обучающийся не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять практические задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при проектировании практических задач	–	<i>Неудовлетворительно</i>

Перечень вопросов к экзамену:

1. Сверхтекучая модель атомного ядра, u - v преобразования Боголюбова. Теория Мигдала для конечных ферми систем;
2. Капельная модель атомного ядра, формула Вайцзеккера для энергии связи;
3. Оболочечная модель в случае сферического и деформированного атомного ядра;
4. Обобщенная модель ядра, коллективные состояния ядер;
5. Оценка моментов инерции ядер в рамках обычного и модифицированного гидродинамического подхода, а также сверхтекучего подхода с осцилляторным и прямоугольным потенциалами;
6. Спиновые распределения фрагментов двойного деления ядер в случае спонтанного и вынужденного около порогового деления ядер – актинидов;
7. Угловые распределения спинов фрагментов двойного спонтанного и вынужденного около порогового деления ядер и их коэффициенты корреляции;
8. Переходные делительные состояния О.Бора и гипотеза «холодного» делящегося ядра в случае спонтанного и вынужденного около порогового деления;
9. Р-четные Т – нечетные коэффициенты корреляции в дифференциальных сечениях ядер-актинидов в реакциях деления холодными поляризованными нейтронами с вылетом предразрывных альфа-частиц;

10. Р-четные Т – нечетные коэффициенты корреляции в дифференциальных сечениях ядер-актинидов в реакциях деления холодными поляризованными нейтронами с вылетом мгновенных нейтронов и гамма – квантов.

19.3. 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 П ВГУ 2.1.04-2015 Положение о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса с использованием тестов, выполнения лабораторных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с П ВГУ 2.1.07-2015 Положение о проведении промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющие оценить степень сформированности умений, навыков и опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.