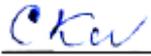


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Ядерной физики

 Кадменский С.Г.
30.08.21

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В. 04 Физика нейтронов

1. Код и наименование направления подготовки:

03.04.02 Физика

2. Программа: Физика наносистем

3. Квалификация выпускника: магистр физики

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра ядерной физики

6. Составители программы: к.ф.м.н., доцент Долгополов М.А.

7. Рекомендована:

НМС физического факультета Протокол № 6 _от 17.06..2021.

8. Учебный год: 2021/2022

Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Познакомить студентов с основными эффектами и закономерностями взаимодействия нейтронов с веществом, возможностью осуществления контролируемой реакции деления, основами теории ядерных реакторов, управляемой цепной реакции деления ядер, методами описания кинетических процессов в ядерных паропроизводящих установках (ЯППУ), с курсом высшей математики КУЧП.

В процессе освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные эффекты и закономерности взаимодействия нейтронов с веществом, возможность осуществления контролируемой реакции деления, основы теории ядерных реакторов, управляемой цепной реакции деления ядер, проблемах, связанных с проектированием новых реакторов, и путях их решения;

Уметь: описывать кинетические процессы в ядерных паропроизводящих установках (ЯППУ);

Владеть: основами курса высшей математики КУЧП.

Дисциплина является опорной для следующих курсов: «Радиационная физика», «Физические основы ядерной энергетики», «Атомные реакторы».

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Физика нейтронов» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения: ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.5

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-5	Способен организовать инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки	ПК-5.1;	Организует и контролирует измерение эффектов и коэффициентов реактивности реакторов, активности теплоносителя	Знать: основные эффекты, влияющие на реактивность Уметь: оценивать состояния активной зоны. Владеть: методами регулирования нейтронных потоков
		ПК-5.2;	Основы нейтронно-физических измерений и расчетов	Знать: основные нейтронно-физические характеристики Уметь: проводить измерения и расчеты нейтронно-физических характеристик. Владеть: методами измерений и расчетными методами.
		ПК-5.5	Проводит анализ результатов измерений и расчетов эффектов и коэффициентов реактивности реакторов	Знать: диапазоны допустимых значений нейтронно-физических характеристик Уметь: проводить анализ измерений и расчетов коэффициентов реактивности. Владеть: методами изменения нейтронно-физических характеристик в активной зоне.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ 1	№ семестра	...
Аудиторные занятия	30	1		
в том числе:	лекции	30	30	
	практические			
	лабораторные			
Самостоятельная работа	42	42		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (зачет – час.)	0	0		
Итого:	72	72		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами	Упругое и неупругое рассеяние и поглощение. Сечения взаимодействий. Их зависимость от энергии нейтронов. Резонансное поглощение. Сечения, наиболее важные в физике реакторов.
1.2	Цепная реакция деления.	Механизм замедления и диффузии нейтронов. Уравнения диффузии и возраста. Спектр замедляющихся нейтронов. Длина замедления и возраст нейтронов. Летаргия. Характеристики замедления и замедлителей. Резонансный интеграл, коэффициент размножения. Формула 4х множителей и ее составляющие. Вероятность бежать утечки тепловых и замедляющихся нейтронов. Формула 6ти сомножителей. Материальный и геометрический параметр размножающей среды. Определение критических параметров и критическое уравнение. Понятие о гомогенной и гетерогенной активной зоне (АЗ). Тесные и разреженные гетерогенные решетки. Анализ формулы 4х и 6ти сомножителей для гетерогенной АЗ. АЗ с отражателем.
1.3	Ядерное топливо.	Уран-плутониевый топливный цикл. Обогащение и воспроизводство топлива. Вторичные делящиеся изотопы. Торий-урановый топливный цикл. Материалы для ядерных реакторов. Тепловыделение и отвод теплоты в ядерных реакторах. Тепловыделение и теплоперенос в твэлах. Распределение температуры. Системы охлаждения ядерных реакторов. Классификация ядерных реакторов. Обзор реакторов разных типов: газ-графитовые, легководные и тяжеловодные реакторы. Реакторы на быстрых нейтронах, Натрий-водяной контур охлаждения. Сравнительный анализ безопасности ядерных реакторов.
1.4	Кинетика реактора на мгновенных и запаздывающих нейтронов.	Модель точечной АЗ. Реактивность. Запас реактивности. Период реактора и период удвоения мощности. Связь периода и реактивности. Единицы измерения реактивности. Над- и подкритичность. Пуск реактора из подкритического состояния. Расчет пускового положения ОР СУЗ. Борное регулирование. Пуск реактора "открытым водообменом" для ВВЭРов. Пассивная и активная системы безопасности. Эффекты саморегулирования. Температурный эффект реактивности и его составляющие. ТКР. Другие эффекты реактивности: мощностной, плотностой и пустотный (для "кипящих" реакто-

		ров). Борный коэффициент реактивности. Останов и расхолаживание реактора. Температура повторной критичности. Выгорание и воспроизводство топлива. Кинетика выгорания. Стационарное шлакование топлива. Коэффициенты шлакования. Изменение реактивности в течение кампании реактора. Кинетика и коэффициент воспроизводства ядерного топлива. Ядерный топливный цикл. Остаточное энерговыделение. Номограммы Вигнера-Уэй. Нестационарное шлакование. Прометиевый провал. Отравление реактора ксеноном. Кинетика отравления. Стационарное отравление. Отравление в переходных режимах. Йодная яма и ксеноновый выбег. Положительная обратная связь по реактивности при отравлении. Ксеноновая нестабильность. Методы борьбы с ксеноновыми колебаниями.
--	--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами	6			10	16
1.2	Цепная реакция деления	6			10	16
1.3	Ядерное топливо	8			10	18
1.4	Кинетика реактора на мгновенных и запаздывающих нейтронов	10			12	22
	Итого:	30			42	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации;
- подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.

Данная программа реализуется с учетом следующих принципов: современной научной целесообразности, нелинейности, учебной и исследовательской автономии студентов.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины: <https://edu.vsu.ru>

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие/ С. В. Широков. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 351 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru»</i>
2	<i>Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Ч.1. Ядерная физика/ М.А. Михайлов. – М.: Прометей, 2011. 94с. https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book_red&id=108075&sr=1</i>
3	<i>Нейтронные методы в физике конденсированного состояния: учебное пособие для вузов / П.А.Алексеев. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2012. 164с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru».</i>
4	<i>Стогов Ю.В. Основы нейтронной физики. /Ю.В.Стогов - М.: МИФИ, 2008- - 204с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru»</i>
5	<i>Кадилин В.В., Рябева Е.В., Самосадный В.Т. Прикладная нейтронная физика./В.В.Кадилин и др. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 124 с. . // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru»</i>
6	<i>Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие/ С. В. Широков. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 351 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru»</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Ташлыков О.Л. Основы ядерной энергетики [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Л. Ташлыков. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 212 с. — 978-5-7996-1822-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66570.html
4	Балошин Ю.А. Физические основы ядерной энергетики. Часть I [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк, М.В. Успенская. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 49 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65351.html
5	Балошин Ю.А. Физические основы ядерной энергетики. Часть II [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк, М.В. Успенская. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 91 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65352.html
6	Федоров В.Ф. Динамическая дифракция и оптика нейтронов в нецентросимметричных кристаллах. Поиск ЭДМ нейтрона: новые возможности: учебное пособие/ В.Ф. Федоров, В.В. Воронин. – С.-Пб.: Изд-во ПИЯФ, 2004. – 118 с. (2 экз)
7	Федоров В.В. Нейтронная физика. учебное пособие / В.В. Федоров. – С.-Пб.: Изд-во ПИЯФ, 2004. – 334 с. (10 экз)
8	Кураченко Ю.А. Основы теории переноса излучений/ Ю.А. Кураченко: Обнин. Ин-т атомной энергетики. Физ.-энергет. ф-т.– Обнинск. 1994.– 72 с.
9	Белл Д. Основы теории ядерных реакторов/ Д.Белл, С.Глесстон.– М.: Атомиздат, 1987.- 458.
10	Саркисов А.А. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводительных установок/ А.А. Саркисов, В.Н. Пучков.– М.: Энергоатомиздат, 1989.– 503 с.
11	Гуревич И. И. Нейтронная физика: учеб. пособие для студ.вузов, обуч-ся по напр. "Физика" и спец. "Ядерная физика"и "Атомные электростанции и установки".— М. : Энергоатомиздат, 1997.— 415,[1] с.
12	Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы/ А.Н. Климов.– М.: Энергоатомиздат, 1985. - 350 с.
13	Пасечник М. В. Нейтронная физика (средние энергии) / М.В. Пасечник . — Киев : Наукова думка, 1969.
14	Бекуриц К. Нейтронная физика / К. Бекуриц, К. Виртц. — М. : Атомиздат, 1968 .

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

№ п/п	Источник
15	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
16	Физические основы использования ядерной энергетики http://molphys.ustu.ru/Study/Atom/cap1.html
17	http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e104.htm – Нейтронная физика

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
18	Федоров В.В. Нейтронная физика. учебное пособие / В.В. Федоров. – С.-Пб.: Изд-во ПИЯФ, 2004. – 334 с. (10 экз)

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 - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины - Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

:18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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

Учебный лабораторный стенд “Экспериментальная проверка закона Пуассона для актов радиоактивного распада.

Установка спектрометрическая МКС-01.А. “Мультирад” в составе: гамма-спектрометрический тракт “Мультирад-гамма”, ПО “Прогресс”.

Установка спектрометрическая МКС-01.А “Мультирад” в составе: альфа-спектрометрический тракт – А.С.” ПО “Прогресс”.

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.	Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	<i>Устный опрос</i>
2.	Цепная реакция деления	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	<i>Устный опрос</i>
	Ядерное топливо	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	<i>Устный опрос</i>
	Кинетика реактора на мгновенных и запаздывающих нейтронах	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	<i>Устный опрос</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – _____				<i>Устный опрос</i>

Перечень вопросов к зачету:

1. Основные характеристики атомных ядер и нейтронов.
2. Эффективные нейтронные сечения
3. Физический смысл возраста нейтрона.
4. Классификация ядерных возбуждений. Компаунд ядра.
5. Уравнение диффузии для нейтронов.
6. Источники нейтронов
7. Классификация ядерных возбуждений. Компаунд ядра.
8. Уравнение диффузии для нейтронов.
9. Источники нейтронов
10. Виды взаимодействия нейтронов с атомными ядрами и их характеристики.
11. Замедление нейтронов в непоглощающих средах.
12. Регистрация нейтронов.
13. Нейтронная шкала. Свойства нейтронов различных энергий.
14. Замедление в поглощающих средах.
15. Закон Фика.
16. Уширение резонансных линий.
17. Механизм деления тяжелых ядер при поглощении нейтронов.
18. Распределение тепловых нейтронов при заданном распределении источника быстрых нейтронов.
19. Нейтронные сечения при взаимодействии с атомными ядрами.
20. Характеристики нейтронного поля в среде.
21. Уравнение замедления в возрастном приближении.
22. Резонансы в реакциях с нейтронами. Формула Брейта-Вигнера.
23. Замедление нейтронов в водороде.
24. Определение и физический смысл длины диффузии.
25. Способы распада компаунд-ядра.
26. Основная задача физики нейтронов применительно к ядерной энергетике.
27. Групповое описание нейтронного поля.
28. Радиационный захват нейтронов
29. Упругое рассеяние и замедление нейтронов.
30. Спектр тепловых нейтронов
31. Спектр Ферми замедляющихся нейтронов. Плотность замедления.
32. Характеристики замедлителей.
33. Уравнение возраста и примеры его решения.

34. Реакции срыва и подхвата с нейтронами.
35. Дифференциальные и интегральные характеристики потока нейтронов.
36. Альbedo нейтронов.
37. Миграция нейтронов.
38. Условия осуществления цепной реакции деления.
39. Механизмы образования запаздывающих нейтронов при делении тяжелых ядер.
40. Свойства нейтроны и силы взаимодействия нейтронов с атомными ядрами
41. Асимптотика поведения сечения рассеяния нейтронов при низких энергиях.
42. Физический смысл возраста нейтронов.

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

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы для зачета.

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, тестирование). Критерии оценивания приведены ниже.

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

20.1. Текущий контроль успеваемости

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять теоретические знания на практике, решать задачи;

20.2. Промежуточная аттестация

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала – «зачтено», «не зачтено»
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>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 в области физики нейтронов</i>	<i>Необходимый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	–	<i>Не зачтено</i>

