

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 15 от 24.12.2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика атомного ядра и элементарных частиц

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Медицинская физика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2026 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.10 Физика атомного ядра и элементарных частиц относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Знает основные законы и явления физики атомного ядра и элементарных частиц. Умеет применять полученные знания для решения профессиональных прикладных задач. Владеет основами физики атомного ядра и элементарных частиц и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований.	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Ядерная физика. Введение.	5	1	1	2	3
Систематические характеристики ядер.	6	1	1	2	4
Динамические характеристики атомных ядер. Радиоактивное превращение атомных ядер.	8	2	2	4	4
Динамические характеристики атомных ядер. Возбуждение и превращения атомных ядер в процессах ядерных реакций.	8	2	2	4	4
Прохождение ядерных излучений через вещество. Радиационная безопасность.	8	2	2	4	4
Ядерные силы и ядерные модели.	6	1	1	2	4
Основные виды элементарных частиц, их свойства, полуфеноменологическая систематизация.	8	2	2	4	4
Характеристики частиц и законы сохранения.	8	2	2	4	4
Структура частиц и фундаментальные взаимодействия.	8	2	2	4	4
Элементарные частицы и эволюция вселенной	6	1	1	2	4
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Ядерная физика. Введение. Ядерно-квантовомеханическая система сильнодействующих нуклонов. Состав и типы ядер. Свойства нуклонов.
2. Систематические характеристики ядер. Энергия связи ядер. Полуэмпирическая формула Бете-Вайцзеннера. Устойчивость ядер и их распространенность в природе. Спин ядра. Четность ψ -функции. Размер и форма ядра. Электромагнитные свойства ядер. Энергетический спектр состояний. Изоспин.
3. Динамические характеристики атомных ядер. Радиоактивное превращение атомных ядер. Сущность явления радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада. Альфа-распад, его свойства. Тонкая структура α -спектров. Теоретические представления о механизме α -распада. β -распад. Типы β -превращений. Характер энергетических спектров β -излучения. Гамма-излучение при ядерных превращениях. Возникновение γ -лучей. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изометрия. Эффект Мессбауэра. Радиоактивные ядра.
4. Динамические характеристики атомных ядер. Возбуждение и превращения атомных ядер в процессах ядерных реакций. Общая классификация ядерных реакций. Понятие об эффективных сечениях взаимодействия. Законы сохранения в ядерных реакциях. Механизмы ядерных реакций. Составное

(промежуточное) ядро. Прямые ядерные реакции. Типы ядерных реакций: упругое и неупругое рассеяние, обменные реакции, радиационный захват, ядерный фотоэффект, гамма и кулоновское возбуждение ядер. Движение тяжелых ядер. Цепная реакция деления, условия ее существования, особенности ее протекания при инициировании тепловыми и быстрыми нейтронами. Управляемая цепная реакция деления в гетерогенных и гомогенных ядерных реакторах. Синтез легких ядер. Перспективы создания термоядерных реакторов.

5. Прохождение ядерных излучений через вещество. Радиационная безопасность.

5.1. Источники ионизирующих излучений: Космические лучи, их состав. Ускорители заряженных частиц, их типы, принцип действия. Радиоактивные препараты. Ядерные реакторы.

5.2. Взаимодействие частиц и излучений с веществом: Ионизационное торможение заряженных частиц. Радиационные потери электронов в среде. Упругое рассеяние частиц. Взаимодействие γ – излучения с веществом. Особенности взаимодействия нейтронов с ядрами. Замедление нейтронов в среде.

5.3. Методы регистрации элементарных частиц: Физические принципы регистрации. Классификация детекторов. Ионизационные детекторы, сцинтилляционные счетчики, полупроводниковые детекторы, различные варианты следовых детекторов. Особенности регистрации нейтронов различных энергий.

5.4. Биологическое воздействие ядерных излучений, основы дозиметрии, методы защиты от ядерных излучений: Механизмы биологического действия излучений на живые организмы. Понятие о поглощенной дозе излучения. Единицы дозы. Физические основы защиты от ядерных излучений.

6. Ядерные силы и ядерные модели. Основные характеристики ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил, их обменный характер. Ядерные модели, целесообразность их создания. Капельная модель. Модель ядерных оболочек, магические числа. Обобщенные модели.

7. Основные виды элементарных частиц, их свойства, полуфеноменологическая систематизация.

8. Характеристики частиц и законы сохранения. Теорема Нетер. Инвариантность относительных сдвигов, поворотов и отражений в 4-х мерном пространстве-времени. Четность системы и системы частиц. Пространственная четность, ее не сохранение в слабых взаимодействиях. Зарядовая четность, комбинированная CP-четность. Представление о CPT-приближении. Законы сохранения электрического, лептонного и барионного зарядов. Закон сохранения изоспина. Странность, закон сохранения странности. Очарование. Гиперзаряд.

9. Структура частиц и фундаментальные взаимодействия. Унитарная симметрия. Восемьмеричный формализм в классификации адронов. Модель кварков. Квантовые числа цвета. Барионы- цветовые синглеты. Структура мезонов в теории цветовых кварков. Электромагнитные взаимодействия. Диаграммы Фейнмана. Основные физические представления квантовой электродинамики. Сильные взаимодействия. Основные идеи квантовой хромодинамики. Кварки, глюоны и их роль в сильном взаимодействии. Представление о современных подходах к объяснению природы слабого взаимодействия. Знакомство с идеями объединенной теории электрослабых взаимодействий.

10. Элементарные частицы и эволюция вселенной.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Занятия по дисциплине проходят в лекционной форме и в форме практических занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области и рассматриваются решения задач. Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Ядерно-квантовомеханическая система сильнодействующих нуклонов.
2. Состав и типы ядер.
3. Свойства нуклонов.
4. Энергия связи ядер.
5. Формула Бете-Вайцзеннера.
6. Спин ядра. Четность ψ -функции. Размер и форма ядра.
7. Изоспин.
8. Сущность явления радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада.
9. Альфа-распад, его свойства. Тонкая структура α -спектров.
10. β -распад. Типы β -превращений. Характер энергетических спектров β -излучения.
11. Гамма-излучение при ядерных превращениях. Возникновение γ -лучей.
12. Ядерная изометрия.
13. Эффект Мессбауэра.
14. Классификация ядерных реакций.
15. Понятие об эффективных сечениях взаимодействия.
16. Законы сохранения в ядерных реакциях.
17. Механизмы ядерных реакций. Составное (промежуточное) ядро.
18. Прямые ядерные реакции.
19. Типы ядерных реакций.
20. Движение тяжелых ядер.
21. Цепная реакция деления.
22. Управляемая цепная реакция деления в гетерогенных и гомогенных ядерных реакторах.
23. Космические лучи, их состав.
24. Ускорители заряженных частиц, их типы, принцип действия.
25. Радиоактивные препараты.

26. Ядерные реакторы.
27. Ионизационное торможение заряженных частиц.
28. Упругое рассеяние частиц.
29. Взаимодействие γ – излучения с веществом.
30. Особенности взаимодействия нейтронов с ядрами.
31. Физические принципы регистрации элементарных частиц.
32. Классификация детекторов.
33. Дозиметрии. Поглощенная доза излучения. Единицы дозы. Физические основы защиты от ядерных излучений.
34. Характеристики ядерных сил.
35. Мезонная теория ядерных сил, их обменный характер.
36. Капельная модель.
37. Модель ядерных оболочек, магические числа.
38. Виды элементарных частиц, их свойства.
39. Теорема Нетер.
40. Четность системы и системы частиц.
41. Пространственная четность, ее не сохранение в слабых взаимодействиях.
42. Зарядовая четностью.
43. Комбинированная СР-четность.
44. СРТ-приближение.
45. Закон сохранения электрического заряда.
46. Закон сохранения лептонного заряда.
47. Закон сохранения барионного заряда.
48. Закон сохранения изоспина.
49. Странность, закон сохранения странности.
50. Очарование.
51. Гиперзаряд.
52. Унитарная симметрия.
53. Классификации адронов.
54. Модель кварков.
55. Квантовые числа цвета.
56. Барионы.

57. Структура мезонов.
58. Электромагнитные взаимодействия. Диаграммы Фейнмана.
59. Сильные взаимодействия.
60. Кварки, глюоны.
61. Современные подходы к объяснению природы слабого взаимодействия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном

			все задания, но не в полном объеме	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	в полном объеме, но некоторые с недочетами	и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Физические характеристики атомного ядра

2. Законы естественной радиоактивности
3. Общие свойства ядерных реакций
4. Нейтронные реакции
5. Взаимодействия радиоактивных излучений с веществом
6. Цепные реакции деления атомных ядер
7. Фундаментальные взаимодействия
8. Цепные реакции деления атомных ядер
9. Классификация элементарных частиц
10. Цепные реакции деления атомных ядер
11. Основы ядерной энергетики
12. Реакции синтеза легких ядер
13. Методы регистрации ядерных излучений
14. Основные явления ядерной астрофизики

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Широков Юрий Михайлович. Ядерная физика : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1980. - 727 с. : ил. - (Общий курс физики). - 1.80., 29 экз.
2. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов : в 5 т.]. [Т. 5]. Атомная и ядерная физика, ч. 2 : Ядерная физика . - М. : Наука, 1989. - 415 с. : ил. - ISBN 5-02-015053-8 (в пер.) : 1.30., 389 экз.

Дополнительная литература:

1. Фаддеев Михаил Андреевич. Физика атомов и молекул : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2007. - 313 с. - В надзаг.: Приоритетный национальный проект "Образование". Инновационная образовательная программа Нижегородского университета.... -

ISBN 978-5-85746-974-3 : 150.00., 30 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Фаддеев Михаил Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 23.12.2025, протокол № б/н.