

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

«Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» в структуре ООП

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, профиль «Физика конденсированного состояния», является обязательной для изучения на 3 году обучения в 6 семестре.

Для усвоения данного курса необходимо освоить некоторые модули (дисциплины) в рамках образовательной программы бакалавра по направлению Физика: общая физика, математический анализ, атомная физика.

Цели освоения дисциплины является создание фундаментальной базы знаний физических явлений, законов, понятий известных и принятых в физике в настоящий момент и на их основе сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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	ПК-1 Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ПК-1.1: основные законы и явления физики атомного ядра и элементарных частиц. ПК-1.2: применять полученные знания для решения профессиональных прикладных задач. ПК-1.3: Владение основами физики атомного ядра и элементарных частиц и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований.	Коллоквиум Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы Задания

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	2
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	зачет

Содержание дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	8 семестр очное					
Ядерная физика. Введение.	7	1	1		2	5
Систематические характеристики ядер.	8	1	1		2	6
Динамические характеристики атомных ядер. Радиоактивное превращение атомных ядер.	8	1	1		2	6
Динамические характеристики атомных ядер. Возбуждение и превращения атомных ядер в процессах ядерных реакций.	15	2	2		4	11
Прохождение ядерных излучений через вещество. Радиационная безопасность.	15	2	2		4	11
Ядерные силы и ядерные модели.	8	1	1		2	6
Основные виды элементарных частиц, их свойства, полуфеноменологическая систематизация.	8	1	1		2	6
Характеристики частиц и законы сохранения.	8	1	1		2	6
Структура частиц и фундаментальные взаимодействия.	26	4	4		8	18
Элементарные частицы и эволюция вселенной	14	2	2		4	10
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – зачет						

Содержание разделов 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 СР-четность. Представление о СРТ-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. Восьмеричный 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. Образовательные технологии

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. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы и подготовку к зачетам и экзаменам. Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на практических занятиях, в процессе лекций, активность в обсуждении качественных вопросов. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения модуля «Физика» используются вопросы задачи по нижеприведенным темам.

Вопросы для контроля.

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 четность.
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. Современных подходы к объяснению природы слабого взаимодействия.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине - в приложении

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

(ОПК-1) Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полностью знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу

							подгот овки.
<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.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме. Объем без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ПК-1) способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<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, без ошибок.	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.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения , Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме Объем без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продemonстрированы творческий подход к решению

	наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки.	некоторыми недочетами	некоторыми недочетами	ошибок и недочетов.	ошибок и недочетов.	ию нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

6.2 Описание шкал оценивания

Критерии оценок зачета:

зачтено – успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.

незачтено – невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по модулю, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции. (В приложении)

6.5 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания. (В приложении)

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» - в приложении

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) основная литература:

1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. Изд. 2-е, переработ. М.: Наука, 1980.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80023&DB=1> (5 экз)
2. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика Ч.2. Ядерная физика. М.: Наука, 2008.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=465434&DB=1> (9 экз)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» обусловлено наличием необходимого количества учебников в библиотеке, некоторые из них представлены на сайте физического факультета в электронном виде, а также наличием демонстрационного оборудования для демонстрации физического эксперимента. Кроме того, при необходимости выполнения некоторых математических расчетов студенты могут воспользоваться техническими возможностями терминал-класса с установленным лицензионным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 Физика.

Автор: доцент каф. КЭФ, к.ф.-м.н. Фаддеев М.А.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета
от 20 мая 2023 года, протокол б/н