

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. №6

Рабочая программа дисциплины

Физика атомного ядра и элементарных частиц

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

профиль "Теоретическая физика"

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала обучения

2022

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижегород

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на третьем году обучения, в шестом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Общая физика», «Теоретическая механика», «Атомная физика».

Целью освоения дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» 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. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (1 час – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося в течение семестра.

Содержание дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Ядерная физика. Введение. Ядерно-квантовомеханическая система сильнодействующих нуклонов. Состав и типы ядер. Свойства нуклонов.	9	1	1	—	2	7
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.	9	1	1	—	2	7
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.	9	1	1	—	2	7
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	9	1	1	—	2	7

<p>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 иницировании тепловыми и быстрыми нейтронами. Управляемая цепная реакция деления в гетерогенных и гомогенных ядерных реакторах. Синтез легких ядер. Перспективы создания термоядерных реакторов.</p>						
<p>5. Прохождение ядерных излучений через вещество. Радиационная безопасность. Источники ионизирующих излучений: Космические лучи, их состав. Ускорители заряженных частиц, их типы, принцип действия. Радиоактивные препараты. Ядерные реакторы. 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. Методы регистрации элементарных частиц: Физические принципы регистрации. Классификация детекторов. Ионизационные детекторы, сцинтилляционные счетчики, полупроводниковые детекторы, различные варианты следовых детекторов. Особенности регистрации нейтронов различных энергий. 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.</p>	11	2	2	—	4	7
<p>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.</p>	12	2	2	—	4	8
<p>7. Основные виды элементарных частиц, их свойства, полуфеноменологическая систематизация.</p>	12	2	2	—	4	8
<p>8. Характеристики частиц и законы</p>	12	2	2	—	4	8

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.	12	2	2	—	4	8
10. Элементарные частицы и эволюция вселенной.	12	2	2	—	4	8
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация — зачет						

3. Образовательные технологии

- 1) Чтение лекций;
- 2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;
- 3) сопровождение лекций презентациями;
- 4) методика «вопросы и ответы»;
- 5) выполнение практического задания у доски;
- 6) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 7) работа в парах над практическим заданием;
- 8) работа в малых группах над практическим заданием;
- 9) методика «мозговой штурм».

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

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

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	(ПК-1) Знать фундаментальные понятия, законы и модели физики атомного ядра и элементарных частиц. (ПК-1) Уметь применять полученные знания для анализа процессов, происходящих в атомном ядре и при взаимодействии ионизирующих излучений с веществом. (ПК-1) Владеть навыками решения задач ядерной физики, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» является **зачет**.

По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

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

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

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

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Не зачтено» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц»:

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.

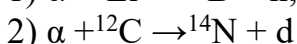
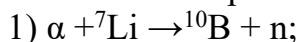
10. β -распад. Типы β -превращений. Характер энергетических спектров β -излучения.
11. Гамма-излучение при ядерных превращениях. Возникновение γ -лучей.
12. Ядерная изометрия.
13. Эффект Мессбауэра.
14. Классификация ядерных реакций.
15. Понятие об эффективных сечениях взаимодействия.
16. Законы сохранения 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 Нётер.
40. Четность системы и системы частиц.
41. Пространственная четность, ее не сохранение в слабых взаимодействиях.
42. Зарядовая четностью.
43. Комбинированная CP-четность.
44. CPT-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.

6.3.2. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Возможны ли реакции:



под действием α -частиц с кинетической энергией $T = 10$ МэВ?

2. Какую минимальную энергию T_{\min} должен иметь дейтрон, чтобы в результате неупругого рассеяния на ядре ${}^{10}\text{B}$ возбудить состояние с энергией $E_{\text{возб}} = 1.75$ МэВ?

3. Внешний наблюдаемый квадрупольный момент ядра ${}^{85}\text{Rb}$ $Q=0.7$ б. Определить собственный квадрупольный момент ядра Q_0 , если спин ядра ${}^{85}\text{Rb}$ равен $J=5/2$.

4. Даны избытки масс атомов $\Delta({}^{114}\text{Cd}) = -90.021$ МэВ, $\Delta({}^{114}\text{In}) = -88.379$ МэВ и $\Delta({}^{114}\text{Sn}) = -90.558$ МэВ. Определить возможные виды β -распада ядра ${}^{114}\text{In}$.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Мухин К.Н. – Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт.

Т. 1. Физика атомного ядра. – СПб.: Издательство "Лань", 2009. – 384 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/277>.

Т. 2. Физика ядерных реакций. – СПб.: Издательство "Лань", 2009. – 326 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/279>.

Т. 3. Физика элементарных частиц. – СПб.: Издательство "Лань", 2008. – 432 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/280>.

2. Сивухин Д.В. – Общий курс физики. Т. 5. Атомная и ядерная физика, ч. 2 : Ядерная физика. – М.: Наука. – 1989. – 415 с.

Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ: 15 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=67013>.

б) дополнительная литература:

1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. – Ядерная физика. Изд. 2-е, переработ. – М.: Наука, 1980. – 727 с.
Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ: 10 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80023>.
2. Иродов И.Е. – Задачи по общей физике: учебное пособие. – 15-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 416 с.
Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99230>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ
<http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Учебные аудитории могут быть при необходимости оснащены демонстрационным оборудованием для сопровождения учебных занятий презентациями.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

доцент кафедры кристаллографии
и экспериментальной физики
физического факультета,
к. ф.-м. н., доцент

_____ / Фаддеев М.А. /

Рецензент:

Зав. кафедрой кристаллографии
и экспериментальной физики
физического факультета,
д. ф.-м. н., профессор

_____ / Чупрунов Е.В. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ от « » _____ 2021 года,
протокол № б/н.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ

_____ / Перов А.А. /