

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Физика атомного ядра и элементарных частиц Б1.Б.10.7

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Дулов Е.Н.

**Рецензент(ы):**

Бикмаев И.Ф.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Воронина Е. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 646918

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Дулов Е.Н. Кафедра физики твердого тела Отделение физики, Evgeny.Dulov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Изучение терминологии, законов и экспериментальной техники ядерной физики и физики элементарных частиц совместно с другими дисциплинами цикла, формирование у студентов современного естественнонаучного мировоззрения на строение и свойства ядра и элементарных частиц.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Является базовой частью модуля "Общая физика" профессионального цикла (блок Б3) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки "Физика".

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	способность ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях и применять их в научных исследованиях
ПК-1	владение методами астрономического, физического и математического исследования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин
ПК-5	способность вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- терминологию ядерной физики и физики элементарных частиц;
- порядки физических величин, использующихся в ядерной физике;
- экспериментальные методы ядерной физики и физики элементарных частиц;
- энергетическую шкалу масс, энергию связи и дефект массы ядра;
- природу ядерных сил и современные модели ядра;
- слабые взаимодействия;
- ядерные реакции;
- законы сохранения;
- методы и приемы решения конкретных задач из области ядерной физики и физики элементарных частиц.

2. должен уметь:

- использовать основные соотношения ядерной физики (расчет энергетического выхода реакций, закономерности радиоактивного распада);
- использовать модели ядер (определение масс, дефекта масс, объяснение закономерностей различных видов радиоактивного распада, определение спина и четности ядра);
- выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи;
- использовать законы ядерной физики при решении профессиональных задач.

3. должен владеть:

Современными знаниями о строении и свойствах атомных ядер и классификации элементарных частиц.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Свойства атомных ядер.	6	1-2	3	0	0	
2.	Тема 2. Радиоактивность.	6	2-3	3	4	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	6	4-5	3	0	0	
4.	Тема 4. Модели атомных ядер.	6	5-6	3	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Ядерные реакции.	6	7-8	3	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
6.	Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	6	8-9	3	6	0	Тестирование
7.	Тема 7. Частицы и взаимодействия.	6	10-11	3	0	0	
8.	Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.	6	11-12	3	0	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Техника ускорителей.	6	13-14	3	0	0	
10.	Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.	6	14-15	3	4	0	Устный опрос
11.	Тема 11. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.	6	16-17	3	0	0	
12.	Тема 12. Современные астрофизические представления.	6	17-18	3	0	0	Тестирование
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	18	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Свойства атомных ядер.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Ядерный парк. Изотопы. Размеры и массы ядер. Дефект масс, энергетическая шкала масс. Масштабы величин в ядерной физике.

### Тема 2. Радиоактивность.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Радиоактивные ряды. Виды радиоактивности. Закономерности альфа-распада, закон Гейгера-Нетолла. Закономерности бета-распада, правило Сарджента. Гипотеза нейтрино.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Регистрация радиоактивности. Счётная характеристика счётчика Гейгера-Мюллера.

### Тема 3. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Ядерные силы, межунолонное взаимодействие, свойства. Мезонная модель Юкавы для ядерных сил. Пи-мезоны. Сильное взаимодействие. Ядерные силы как проявление фундаментального сильного взаимодействия.

### Тема 4. Модели атомных ядер.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра в капельной модели. Простейшие применения капельной модели. Модель Ферми-газа. Глубина ядерного потенциального ящика в модели Ферми-газа, экспериментальные подтверждения. Оболочечная модель. Объяснение некоторых свойств ядер в рамках оболочечной модели. Обобщенная и оптическая модели ядер.

### Тема 5. Ядерные реакции.

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Закономерности ядерных реакций. Сечение реакции, зависимость от энергии. Реакции с образованием составного ядра. Модель Бора. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции. Применение прямых ядерных реакций к определению свойств ядер.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Нейтронный активационный анализ.

**Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Прохождение заряженных частиц через вещество. Формула Бора. Формула Бете. Прохождение гамма-излучения через вещество, закон Ламберта-Буггера, сечение взаимодействия, типы взаимодействий. Взаимодействие нейтронов с веществом.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Ослабление гамма-излучения веществом. Прохождение альфа-излучения через вещество. Прохождение бета-излучения через вещество.

**Тема 7. Частицы и взаимодействия.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Элементарные частицы, определение и классификация. Гипотеза кварков. Правило Накано-Нишиджимы-Геллмана. Фундаментальные бозоны и фермионы, Стандартная Модель в физике частиц. Кванты полей взаимодействий.

**Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Эксперименты по рассеянию частиц, от опытов Резерфорда до современных экспериментов. Использование волновых свойств частиц в экспериментах по рассеянию. Определение внутренней структуры ядер и частиц. Опыты Хофштадтера. Характер получаемой информации и ограничения.

**Тема 9. Техника ускорителей.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Линейные ускорители. Циклотроны. Синхротроны. Кинематика ядерных реакций.

**Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Рассеяние, спектроскопия и детекторы как основа экспериментальной ядерной физики. Типы детекторов, получаемая информация. Характеристики детекторов. Спектр, виды спектров. Опыт Ферми по наблюдению частиц-резонансов.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Гамма спектроскопия: сцинтилляционные детекторы. Гамма спектроскопия: регистрация естественной радиоактивности на примере калия-40. Бета-спектроскопия. Альфа-спектроскопия.

**Тема 11. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Развитие представлений о взаимодействиях в 19-20 веках. Константы взаимодействий. Заряды. Законы сохранения как проявление симметрий, теорема Нетер. Электрослабое объединение. Квантовая хромодинамика.

**Тема 12. Современные астрофизические представления.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Термоядерные реакции как источник энергии звёзд. Протонный цикл. Осцилляции солнечных нейтрино. Углеродный цикл. Гипотеза Большого Взрыва.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Радиоактивность.	6	2-3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Модели атомных ядер.	6	5-6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	6	8-9	подготовка к тестированию	5	тестирование
8.	Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.	6	11-12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.	6	14-15	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Современные астрофизические представления.	6	17-18	подготовка к тестированию	5	тестирование
	Итого				18	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции (использование проблемных ситуаций, демонстрационного эксперимента), лабораторный практикум (отдельный курс, входящий в Общий Физический Практикум), самостоятельная работа студента, консультации

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Свойства атомных ядер.

#### Тема 2. Радиоактивность.

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Какое число радиоактивных цепочек (семейств, рядов) Вы знаете? 2. В тяжёлых ядрах преобладают нейтроны или протоны? 3. В каком диапазоне заключены размеры ядер? (Направлено на развитие компетенций ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-4, ПК-10)

#### Тема 3. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.

#### Тема 4. Модели атомных ядер.

устный опрос , примерные вопросы:



Примеры вопросов: 1. Какие модели атомных ядер Вы знаете? 2. Какой эффект лежит в основе оболочечной модели ядра 3. Какова область применимости коллективных моделей ядер? (Направлено на развитие компетенций ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-4, ПК-10)

#### **Тема 5. Ядерные реакции.**

#### **Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.**

тестирование , примерные вопросы:

Примеры вопросов к тестированию (необходимо выбрать правильный ответ из трёх предложенных вариантов): Размеры ядер заключены в диапазоне: 1. от 10<sup>-13</sup> до 10<sup>-12</sup>м 2. от 10<sup>-14</sup> до 10<sup>-12</sup>м 3. от 10<sup>-15</sup> до 10<sup>-14</sup>м Масса ядра: 1. меньше суммы масс составляющих его нуклонов 2. больше суммы масс составляющих его нуклонов 3. равна сумме масс составляющих его нуклонов Ядро меньше атома: 1. примерно в 10 раз 2. примерно в 10000 раз 3. примерно в 1000000 раз Доля нейтронов в ядре: 1. возрастает с ростом заряда ядра 2. убывает с ростом заряда ядра 3. остается неизменной при изменении заряда ядра Спектр бета частиц, испускаемых бета-радиоактивными ядрами: 1. Непрерывный 2. Дискретный 3. В некоторых случаях непрерывный, в некоторых дискретный В основе теории альфа-распада лежит рассмотрение: 1. туннельного эффекта 2. квантовой статистики нуклонов 3. спин-орбитального взаимодействия Бета частица: 1. Существует внутри ядра до момента его распада, подобно альфа-частице 2. Рождается в процессе бета-распада ядра 3. Рождается в процессе альфа-распада ядра Число известных радиоактивных цепочек (семейств, рядов) составляет: 1. один 2. четыре 3. шестнадцать В альфа-распаде испускается именно альфа-частица, потому что: 1. другая частица не может быть испущена по закону сохранения четности 2. альфа частица имеет повышенную энергию связи среди легких ядер 3. альфа частица имеет пониженную энергию связи среди легких ядер Масса ядра: 1. меньше суммы масс составляющих его нуклонов 2. больше суммы масс составляющих его нуклонов 3. равна сумме масс составляющих его нуклонов Удельная энергия связи нуклонов в ядре для большинства ядер это: 1. примерно 1 кэВ 2. примерно 5 ГэВ 3. примерно 8 МэВ Наиболее стабильные ядра это: 1. четно-четные ядра 2. нечетно-четные ядра 3. нечетно-нечетные ядра Укажите частицу с наибольшей проникающей способностью: 1. Нейтрон 2. Гамма-квант 3. Нейтрино Барн в ядерной физике это: 1. внесистемная единица длины 2. внесистемная единица площади 3. внесистемная единица энергии Увеличение энергии альфа-частицы в два раза приведет к увеличению её пробега в веществе: 1. В два раза 2. Более, чем в два раза 3. Менее, чем в два раза Формула Бора описывает торможение в веществе: 1. Нерелятивистских заряженных частиц 2. Релятивистских заряженных частиц 3. Гамма-квантов Размеры ядер заключены в диапазоне: 1. от 10<sup>-13</sup> до 10<sup>-12</sup>м 2. от 10<sup>-14</sup> до 10<sup>-12</sup>м 3. от 10<sup>-15</sup> до 10<sup>-14</sup>м Масса ядра: 1. меньше суммы масс составляющих его нуклонов 2. больше суммы масс составляющих его нуклонов 3. равна сумме масс составляющих его нуклонов Ядро меньше атома: 1. примерно в 10 раз 2. примерно в 10000 раз 3. примерно в 1000000 раз Доля нейтронов в ядре: 1. возрастает с ростом заряда ядра 2. убывает с ростом заряда ядра 3. остается неизменной при изменении заряда ядра (Направлено на развитие компетенций ОК-7, ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-10)

#### **Тема 7. Частицы и взаимодействия.**

#### **Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Почему современные ускорители высоких энергий это ускорители на встречных пучках? 2. Что такое порог реакции? 3. Каков предел разрешения методов исследования внутренней структуры частиц? (Направлено на развитие компетенций ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-4, ПК-10)

#### **Тема 9. Техника ускорителей.**

#### **Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры вопросов: 1. Какая частица имеет наибольшую проникающую способность? 2. Как выглядят спектры альфа- и бета-частиц? 3. Каким образом детектируются частицы? (Направлено на развитие компетенций ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-4, ПК-10)



**Тема 11. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.**

**Тема 12. Современные астрофизические представления.**

тестирование , примерные вопросы:

Примеры вопросов к тестированию (необходимо выбрать правильный ответ из трёх предложенных вариантов): Согласно оболочечной модели ядра, четность ядра  $1H1$  равна: 1. -1 2. 0 3. +1 Выражение для энергии симметрии формулы Вайцзеккера получается в: 1. капельной модели ядра 2. модели ферми газа 3. оболочечной модели ядра Нуклонные состояния в ядре вырождены по: 1. Орбитальному квантовому числу 2. Главному квантовому числу 3. Магнитному квантовому числу полного момента Угловое распределение продуктов прямых ядерных реакций: 1. Изотропно 2. Неизотропно 3. Описывается формулой Брейта-Вигнера Реакции ядер с медленными нейтронами преимущественно происходят: 1. Через образование составного ядра 2. По механизму прямых ядерных реакций 3. С выбиванием протона Реакции ядер с дейтонами преимущественно происходят: 1. Через образование составного ядра 2. По механизму прямых ядерных реакций 3. При делении ядер Характерное ядерное время это: 1. Время жизни составного ядра 2. Период полураспада радиоактивного ядра 3. Время пролёта нуклона через ядро Укажите частицу с наибольшей проникающей способностью: 1. Нейтрон 2. Гамма-квант 3. Нейтрино Барн в ядерной физике это: 1. внесистемная единица длины 2. внесистемная единица площади 3. внесистемная единица энергии Увеличение энергии альфа-частицы в два раза приведет к увеличению её пробега в веществе: 1. В два раза 2. Более, чем в два раза 3. Менее, чем в два раза Формула Бора описывает торможение в веществе: 1. Нерелятивистских заряженных частиц 2. Релятивистских заряженных частиц 3. Гамма-квантов (Направлено на развитие компетенций ОК-7, ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-10)

**Итоговая форма контроля**

экзамен (в 6 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Билеты к экзамену:

**Билет 1**

1. Альфа-распад. Вывод закона Гейгера-Неттола.
2. Каковы спин и четность ядра  $2He3$ ?

**Билет 2**

1. Бета-распад. Гипотеза нейтрино. Теория бета-распада Ферми. Вывод аналитического выражения для бета-спектра и правила Сарджента по теории Ферми.
2. Чем объясняется то, что  $Z < A/2$  для тяжелых ядер.

**Билет 3**

1. Капельная модель ядра. Несжимаемость ядерного вещества. Формула Вацзейкера. Физический смысл слагаемых в этой формуле. Дорожка стабильности по капельной модели.
2. Каков может быть спин ядра  $81Ti206$ ?

**Билет 4**

1. Недостатки капельной модели ядра. Оболочечная модель. Количественная оценка вклада спин-орбитального взаимодействия. Схема уровней энергии ядра.
2. Вычислите энергию возбуждения ядра  $90Th233$  в результате захвата нейтрона ядром  $90Th232$ . Массы ядер  $90Th233$  и  $90Th232$  равны 233.042 а.е.м. и 232.038 а.е.м. соответственно, масса нейтрона - 1.0087 а.е.м.

#### Билет 5

1. Электромагнитные моменты ядер. Разложение потенциала ядра в ряд по мультиполям. Ядерный магнетон. Эффект Зеемана и квадрупольное взаимодействие.

2. Оцените разность энергий связи ядер  ${}^4\text{Be}_9$  и  ${}^5\text{B}_9$ .  $m_n - m_p = 1.3 \text{ МэВ}$ .

$$E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 A^{-1} (A/2 - Z)^2 + a_5 A^{-3/4}$$

$$a_1 = 15.75 \text{ МэВ}, a_2 = 17.8 \text{ МэВ}, a_3 = 0.71 \text{ МэВ}, a_4 = 94.8 \text{ МэВ}, a_5 = 34 \text{ МэВ}$$

#### Билет 6

1. Законы сохранения в ядерных реакциях.

2. Оцените разность энергий связи ядер  ${}^{20}\text{Ca}_{40}$  и  ${}^{21}\text{Sc}_{41}$ .  $m_n - m_p = 1.3 \text{ МэВ}$ .

$$E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 A^{-1} (A/2 - Z)^2 + a_5 A^{-3/4}$$

$$a_1 = 15.75 \text{ МэВ}, a_2 = 17.8 \text{ МэВ}, a_3 = 0.71 \text{ МэВ}, a_4 = 94.8 \text{ МэВ}, a_5 = 34 \text{ МэВ}$$

#### Билет 7

1. Четность, пространственная и внутренняя. Четность системы частиц. Закон сохранения четности.

2. Энергия связи ядра. Зависимость удельной энергии связи от массового числа, график.

#### Билет 8

1. Прямые ядерные реакции. Определение характеристик ядерных уровней в реакциях с участием дейтона.

2. Устройство и принцип работы счетчика Гейгера.

#### Билет 9

1. Ядерные реакции с образованием составного ядра. Модель Бора, вывод формулы Брейта-Вигнера.

2. Найти энергетический выход реакции альфа-распада ядра  ${}^{83}\text{Bi}_{210}$ .

$$E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 A^{-1} (A/2 - Z)^2 + a_5 A^{-3/4}$$

$$a_1 = 15.75 \text{ МэВ}, a_2 = 17.8 \text{ МэВ}, a_3 = 0.71 \text{ МэВ}, a_4 = 94.8 \text{ МэВ}, a_5 = 34 \text{ МэВ}$$

#### Билет 10

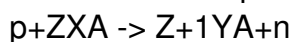
1. Формула Бора для энергетических потерь при прохождении заряженной частицы через вещество.

2. Реакции деления тяжелых ядер и реакции слияния легких ядер. Оценка энерговыделения из зависимости удельной энергии связи от  $A$  и по формуле Вацзейкера (качественно).

#### Билет 11

1. Изоспин, закон сохранения изоспина. Зеркальные ядра и ядерные изоспиновые мультиплеты.

2. Запишите выражение для закона сохранения момента импульса в ядерной реакции



$$\text{если } I(A, Z) = 5/2 \text{ и } I(A+1, Z) = 9/2$$

#### Билет 12

1. Свойства ядерных (межнуклонных) сил. Мезонная теория Юкавы. Межнуклонные силы как проявление фундаментального сильного взаимодействия. Глюоны.

## 2. Каков спин и четность ядра ${}^3\text{Li}_7$ ?

### Билет 13

1. Деление ядер. Параметр деления. Цепная ядерная реакция.
2. Вычислите энергию присоединения нейтрона и энергию отрыва нейтрона для ядра  ${}^{40}\text{Zr}_{90}$ . Энергия связи ядер  ${}^{40}\text{Zr}_{89}$ ,  ${}^{40}\text{Zr}_{90}$  и  ${}^{40}\text{Zr}_{91}$  равны соответственно 771.9 МэВ, 783.8 МэВ, 791.1 МэВ, масса нейтрона 939.6 МэВ.

### Билет 14

1. Кинематика ядерных реакций. Порог реакции.
2. Каков спин и четность ядра  ${}^4\text{Be}_9$ ?

### Билет 15

1. Определение размеров ядер в опытах по рассеянию частиц. Формула Резерфорда. Сечение рассеяния. Формула Мотта. Зависимость радиуса ядра от массового числа.
2. Общие сведения о кварковой гипотезе и кварках.

### Билет 16

1. Магнитный момент ядра в одночастичной модели оболочек. Модель Шмидта.
2. Уровни энергии ядра в обобщенной (коллективной) модели ядра.

### Билет 17

1. Модель Ферми-газа для ядра. Энергия симметрии и плотность ядерных уровней в этой модели.
2. Запаздывающие нейтроны и их роль в управляемой цепной ядерной реакции.

### Билет 18

1. Спин и четность ядра согласно оболочечной модели.
2. Термоядерные реакции как источник энергии звезд.

### Билет 19

1. Элементарные частицы. Законы сохранения в физике частиц.
2. Может ли среди ядер изобар быть больше одного стабильного ядра? Почему?

### Билет 20

1. Наблюдаемый и собственный квадрупольный момент ядра. Предсказания одночастичной модели оболочек и причина их расхождения с экспериментом. Отсутствие у ядер дипольных моментов: связь с законом сохранения четности.
2. Нарушение закона сохранения четности в слабых взаимодействиях. Опыт Ву.

### **7.1. Основная литература:**

1. Введение в физику ядра и частиц / Капитонов И.М., М.: Физматлит, 2010. - 512 с.  
<https://e.lanbook.com/book/2189>
2. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: Учеб. пос. / Кузнецов С.И., А.М.Лидер - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 212 с.: 60x90 1/16.(п) ISBN 978-5-9558-0350-0, 500 экз.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=438135>
3. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И.В., Лань, 2011, 384 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=708](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708)

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра / Мухин К.Н., Лань, 2009, 384 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=277](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=277)
2. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=443435>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

- НИИЯФ МГУ: капельная модель ядра - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm>  
НИИЯФ МГУ: лекции проф. Б.С. Ишханова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/>  
НИИЯФ МГУ: лекции проф. И.М. Капитонова -  
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/index.html>  
НИИЯФ МГУ: Физика высоких энергий и элементарные частицы -  
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/index.html>  
НИИЯФ МГУ: физика ядра и частиц, XX век - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Физика атомного ядра и элементарных частиц" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Ядерный физический практикум на материально-технической базе УНЛ Ядерной Физики каф. ФТТ, Институт физики КФУ.

Лабораторные работы с методическим обеспечением:

Гамма-спектроскопия: калибровка гамма-спектрометра, сцинтилляционные детекторы: учебно-методическое пособие для студентов Института физики  
[http://kpfu.ru/dcs/F928901132/Gamma\\_spektrskpiya\\_kalibrvka\\_LAST.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F928901132/Gamma_spektrskpiya_kalibrvka_LAST.pdf)

Гамма-спектроскопия: регистрация естественной радиоактивности (на примере K-40): учебно-методическое пособие для студентов Института физики  
[http://kpfu.ru/dcs/F2098197220/Registr\\_gamma\\_spektrv\\_40\\_K\\_LAST.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F2098197220/Registr_gamma_spektrv_40_K_LAST.pdf)

Защита от ионизирующего излучения: учебно-методическое пособие для студентов Института физики  
<http://kpfu.ru/dcs/F210882866/phys.base.pdf>

Искусственная радиоактивность и определение периода полураспада нуклидов: учебно-методическое пособие для студентов Института физики  
<http://kpfu.ru/dcs/F1050080452/nejtrnnaya.aktivaciya.pdf>

Исследование статистического характера распада радиоактивных ядер. Распределение Пуассона: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

[http://kpfu.ru/dcs/F1160067234/raspredelenie\\_puassna.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F1160067234/raspredelenie_puassna.pdf)

Мёссбауэровская спектроскопия: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

[http://kpfu.ru/dcs/F1102497079/mssbauer\\_FINAL.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F1102497079/mssbauer_FINAL.pdf)

Ослабление гамма-излучения веществом. Проверка закона обратных квадратов расстояний: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

[http://kpfu.ru/dcs/F1164213458/slablenie.gamma.Arinin\\_LAST.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F1164213458/slablenie.gamma.Arinin_LAST.pdf)

Практикум по ядерной физике: учебно-методическое пособие для студентов физического факультета

<http://kpfu.ru/dcs/F360793019/Nuclear.lab.2004.pdf>

Прохождение альфа-излучения через вещество: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

<http://kpfu.ru/dcs/F1799252583/PrzhzdenieAlfa01.pdf>

Рассеяние Резерфорда: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

[http://kpfu.ru/dcs/F665509394/Rasseyanie\\_Rezerfrda\\_GRR\\_4.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F665509394/Rasseyanie_Rezerfrda_GRR_4.pdf)

Регистрация радиоактивности. Счётчик Гейгера-Мюллера: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

[http://kpfu.ru/dcs/F1539437098/Gainv\\_Geiger\\_v7.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F1539437098/Gainv_Geiger_v7.pdf)

Регистрация спектров альфа-частиц. Полупроводниковые детекторы: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

[http://kpfu.ru/dcs/F136070921/alfa\\_spektrskpiya.pdf](http://kpfu.ru/dcs/F136070921/alfa_spektrskpiya.pdf)

Физические основы дозиметрии. Радиационная безопасность: учебно-методическое пособие для студентов Института физики

<http://kpfu.ru/dcs/F210882866/phys.base.pdf>

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено .



Автор(ы):

Дулов Е.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бикмаев И.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.