

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика атомного ядра и элементарных частиц

название дисциплины

для студентов направления подготовки

03.03.02 Физика

код и название [специальности/направления подготовки]

образовательная программа

Ядерно-физические технологии в медицине

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

Формирование у студентов базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей физики.

Задачи изучения дисциплины:

- получение студентами знаний об основных законах соответствующих разделов физики
- получение студентами знаний о применении фундаментальных законов физики при решении практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП СПЕЦИАЛИСТА

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части.

Для успешного освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплин Математический анализ, Аналитическая геометрия, Общая физика (механика), Общая и неорганическая химия, Начертательная геометрия, Общая физика (молекулярная физика и основы статистической термодинамики), Линейная алгебра, Дифференциальные и интегральные уравнения, Векторный и тензорный анализ, Теория функций комплексного переменного, Медицинская биохимия, Общая физика (волны, оптика и атомная физика), Теория вероятностей и математическая статистика, Численные методы, Ядерная физика.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Уравнения математической физики, Физика атомного ядра и элементарных частиц, Производственная практика: технологическая, Квантовая теория. Термодинамика. Статистическая физика, «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области	З-ОПК-1 знать фундаментальные основы, полученные в области

	физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	естественных и математических наук. У-ОПК-1 уметь использовать на практике базовые знания, полученные в области естественных и математических наук; применять для анализа и обработки результатов физических экспериментов. В-ОПК-1 владеть навыками обобщения, синтеза и анализа базовых знаний, полученных в области естественных и математических наук, владеть научным мировоззрением
--	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплины
Профессиональное воспитание	- становление и развитие мировоззрения, обеспечивающего радиационную безопасность при медицинском использовании источников ионизирующего и неионизирующего излучения (В31)	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Микробиология, вирусология, иммунология», «Радиобиология» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для:</p> <p>- формирования культуры работы с приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин «Основы биоэтики и биологического</p>

	<p>права», «Медицинские установки и детекторы излучений», «Рентгеновская компьютерная томография», «Основы МРТ», «Основы ПЭТ», «Основы интроскопии», «Радиационная биофизика», и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования культуры радиационной безопасности, в том числе при получении практических навыков посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с терапевтическим и диагностическим оборудованием. <p>4. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.
--	--

5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

5.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Объем дисциплины	Всего часов
------------------	-------------

	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	180	
Контактная* работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	48	
Аудиторная работа (всего**):	48	
<i>в том числе:</i>		
лекции	16	
семинары, практические занятия	16	
лабораторные работы	16	
Внеаудиторная работа (всего**):	96	
<i>в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем***:</i>	0	
курсовое проектирование	0	
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем (необходимо указать только конкретный вид учебных занятий)	0	
творческая работа (эссе)	0	
Самостоятельная работа обучающихся** (всего)	96	
Вид промежуточной аттестации обучающегося (экзамен)	36	

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Общая трудоём- кость всего (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успевае- мости	
			Аудиторные учебные занятия				
			Лек	Сем/Пр	Лаб		
9	ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И	81	34	34		13	

	ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ						
9.1.	ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ	8	4	4			
9.2.	РАДИОАКТИВНОСТЬ	14	6	8			
9.3.	ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ	28	10	12		6	Контрольная работа
9.4.	ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ	31	14	10		7	

Прим.: *Лек* – лекции, *Сем/Пр* – семинары, практические занятия, *Лаб* – лабораторные занятия, *CPO* – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
9	ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	
9.1.	ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ	Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра..
9.2.	РАДИОАКТИВНОСТЬ	Модели атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность.
9.3.	ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ	Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции. Эволюция Вселенной и происхождение элементов
9.4.	ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ	Элементарные частицы. Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Методы регистрации элементарных частиц. Космические лучи. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино. Систематика элементарных частиц. Кварки.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
9	ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	
9.1.	ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ	Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра..
9.2.	РАДИОАКТИВНОСТЬ	Модели атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность.
9.3.	ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ	Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции.
9.4.	ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ	Элементарные частицы. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Систематика элементарных частиц.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 5 семестр			
1.	Атомная физика	ОПК-3 Знать: - квантово-механическое описание атомов. Уметь: - применять основные законы квантовой физики к решению физических задач; - обрабатывать экспериментальные результаты и оценивать погрешности измерений.	Коллоквиум, контрольная работа №5
Промежуточный контроль, 5 семестр			
	Экзамен		Билеты
Всего:			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. а) Экзамен, типовые вопросы - образец:

- Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома.
- Квантовые постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.
- Модель водородоподобного атома по теории Бора.
- Волновые свойства микрочастиц. Волны де-Броиля.
- Экспериментальные доказательства волновых свойств микрочастиц.
- Волновая функция, ее физический смысл.
- Соотношения неопределенности.
- Уравнение Шредингера.
- Простейшие задачи квантовой механики. Частица в "потенциальной яме" ("ящике").
- Простейшие задачи квантовой механики. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
- Простейшие задачи квантовой механики. Линейный гармонический осциллятор.
- Водородоподобный атом. Орбитальный и собственный моменты импульса электрона и описание различных состояний электрона в атоме.
- Спин и магнитный момент электрона.
- Экспериментальные доказательства существования спина и магнитного момента электрона.
- Ферми- и Бозе-частицы. Принцип Паули.
- Строение электронных оболочек. Объяснение периодической системы Д.И.Менделеева.
- Полный момент импульса электрона в атоме. Символические обозначения термов. Правила отбора для оптических переходов.
- Векторная модель многоэлектронного атома.
- Квантовые состояния многоэлектронных атомов. Правило Хунда.
- Магнитный момент атома.
- Эффект Зеемана.

22. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.
23. Физика молекулы. Ковалентная и ионная связь.
24. Основные понятия зонной теории твердых тел. Зонные модели металлов, полупроводников, диэлектриков.
25. Сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость.
26. Состав атомного ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи атомного ядра.
27. Радиус, спин и магнитный момент ядра. Статистика и четность ядер.
28. Методы измерения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).
29. Капельная модель ядра. Формула Вейцзеккера для энергии связи ядра.
30. Оболочечная модель ядра. Спин-орбитальное взаимодействие нуклонов в ядре.
31. Гиромагнитное отношение нуклона в оболочечной модели ядра.
32. Радиоактивный распад ядер. Основной закон радиоактивного распада.
33. Альфа-распад ядер.
34. Теория альфа-распада.
35. Бета-распад ядер.
36. Гамма-излучение ядер.
37. Эффект Мессбауэра.
38. Спонтанное деление ядер. Трансурановые элементы.
39. Прохождение заряженных частиц и гамма-квантов через вещество.
40. Дозиметрические единицы и защита от радиоактивных излучений.
41. Детекторы частиц (счетчики и трековые регистраторы).
42. Ядерные реакции; их классификация, способы записи и общие закономерности.
43. Энергия и порог ядерной реакции. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и четности в ядерных реакциях.
44. Теория ядерных реакций.
45. Ядерные реакции под действием нейтронов. Формулы Брейта-Вигнера.
46. Цепная реакция деления тяжелых ядер под действием нейтронов.
47. Ядерные реакторы на медленных и на быстрых нейтронах.
48. Реакции термоядерного синтеза. Проблема управляемого термоядерного синтеза (УТС).
49. Элементарные частицы и их свойства. Законы сохранения в физике элементарных частиц.
50. Типы взаимодействий и классификация элементарных частиц. Античастицы. Виртуальные частицы. Диаграммы Фейнмана.
51. Кварковая структура мезонов и барионов. Экспериментальные подтверждения кварковой теории.
52. Основные свойства лептонов. Несохранение четности в слабых взаимодействиях.
53. Свойства нейтрино.
54. Космические лучи.

6) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36–40	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; – исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; – правильно формулировать определения; – продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; – уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30–35	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; – продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; – продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;

	<ul style="list-style-type: none"> – уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 24–29	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продемонстрировать общее знание изучаемого материала; – показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; – уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 23 и меньше	<p>Студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> – незнание значительной части программного материала; – не владение понятийным аппаратом дисциплины; – существенные ошибки при изложении учебного материала; – неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – неумение делать выводы по излагаемому материалу.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за экзамен	Оценка по 5-балльной системе
36 – 40	Отлично
30 – 35	Хорошо
24 – 29	Удовлетворительно
<23	Неудовлетворительно

6.2.2. а) Коллоквиум, типовые вопросы - образец:

1. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома.
2. Квантовые постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.
3. Модель водородоподобного атома по теории Бора.
4. Волновые свойства микрочастиц. Волны де-Броиля.
5. Экспериментальные доказательства волновых свойств микрочастиц.
6. Волновая функция, ее физический смысл.
7. Соотношения неопределенности.
8. Уравнение Шредингера.
9. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в "потенциальной яме" ("ящике").
10. Простейшие задачи квантовой механики. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
11. Простейшие задачи квантовой механики. Линейный гармонический осциллятор.
12. Водородоподобный атом. Орбитальный и собственный моменты импульса электрона и описание различных состояний электрона в атоме.
13. Спин и магнитный момент электрона.
14. Экспериментальные доказательства существования спина и магнитного момента электрона.
15. Ферми- и Бозе-частицы. Принцип Паули.
16. Строение электронных оболочек. Объяснение периодической системы Д.И.Менделеева.
17. Полный момент импульса электрона в атоме. Символические обозначения термов. Правила отбора для оптических переходов.
18. Векторная модель многоэлектронного атома.
19. Квантовые состояния многоэлектронных атомов. Правило Хунда.
20. Магнитный момент атома.
21. Эффект Зеемана.
22. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.
23. Физика молекулы. Ковалентная и ионная связь.
24. Основные понятия зонной теории твердых тел. Зонные модели металлов, полупроводников, диэлектриков.
25. Сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость.
26. Состав атомного ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи атомного ядра.
27. Радиус, спин и магнитный момент ядра. Статистика и четность ядер.
28. Методы измерения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).

29. Капельная модель ядра. Формула Вейцзеккера для энергии связи ядра.
 30. Оболочечная модель ядра. Спин-орбитальное взаимодействие нуклонов в ядре.

б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания

Отметка «отлично» (в баллах от 27 до 30) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

Отметка «хорошо» (в баллах от 22 до 26) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

Отметка «удовлетворительно» (в баллах от 18 до 21) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

Отметка «неудовлетворительно» (в баллах от 0 до 17) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за коллоквиум	Оценка по 5-балльной системе
27 – 30	Отлично
22 – 26	Хорошо
18 – 21	Удовлетворительно
<17	Неудовлетворительно

6.2.3. а) Контрольные работы, типовые задания:

Контрольная работа № 6, типовые задачи - образец:

1. Используя формулу для эффективного радиуса ядра $R = 1,3 * A^{1/3}$ фм, вычислить массовую плотность числа частиц ядерного вещества. Масса нуклона (протона, для определенности) $m_p = 1,67 * 10^{-27}$ кг. Число нуклонов в единице объема $n = A/V_{\text{я}}$, где A – массовое число, $V_{\text{я}}$ – объем ядра.
2. Найти число нуклонов в единице объема ядерного вещества $n = A/V_{\text{я}}$, где A – массовое число, $V_{\text{я}}$ – объем ядра, эффективный радиус ядра $R = 1,3 * A^{1/3}$ фм.
3. Добавить недостающий элемент в записи распада: $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + \dots$?
4. Добавить недостающие индексы в записи распада: $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \dots$?
5. Добавить недостающий показатель массового числа в правой части записи распада возбужденного ядра урана U^* : $^{236}_{92}\text{U}^* \rightarrow \dots$?
6. Добавить недостающий показатель массового числа в правой части записи распада возбужденного ядра урана U^* : $^{236}_{92}\text{U}^* \rightarrow \dots$?
7. Найти удельную энергию связи ядра атома гелия ($E_{\text{св}}(^4_2\text{He}) = 28,5$ МэВ).

8. Добавить, исходя из законов сохранения, недостающий элемент в правой части записи реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow \dots? + {}^1_1\text{H}$.
9. Добавить, исходя из законов сохранения, недостающий элемент в правой части записи реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow \dots? + {}^4_2\text{He}$.
10. Вычислить, какая энергия (в МэВ) выделяется при слиянии двух ядер тяжелого водорода ${}^2_1\text{H}$ в ядро гелия ${}^3_2\text{He}$, ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$, если $\varepsilon({}^3_2\text{He}) = 2,573$ МэВ/нукл, $\varepsilon({}^2_1\text{H}) = 1,112$ МэВ/нукл, энергией нейтрона ${}^1_0\text{n}$ пренебрегаем.
11. Разрешена ли законами сохранения реакция $e^- + p \rightarrow n + \pi^0$?
12. Разрешена ли законами сохранения реакция $e^- + \pi^+ \rightarrow n + \nu_e$?
13. Разрешена ли законами сохранения реакция $n + \nu_e \rightarrow e^- + p$?
14. Какой закон сохранения запрещает реакцию $p + n \rightarrow \pi^+ + \pi^0$, где p – протон, n – нейтрон, π^+ и π^0 – положительный и нейтральный π -мезоны?
15. Какой закон сохранения разрешает реакцию $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$, но запрещает реакцию $p + p \rightarrow p + p + \pi^+$, где p – протон, n – нейтрон, π^+ и π^0 – положительный и нейтральный π -мезоны?
16. Выразить массу протона 938,28 МэВ в граммах. $1 \text{ эВ} = 1,602 * 10^{-19} \text{ Дж}$.
17. Выразить 1 а.е.м. $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ г}$ в энергетических единицах. $1 \text{ эВ} = 1,602 * 10^{-19} \text{ Дж}$.
18. Вычислить энергию связи нуклонов в ядре ${}^4_2\text{He}$. $M_{am}({}^4_2\text{He}) = 4,00260 * 931,49 \text{ МэВ} = 3728,38 \text{ МэВ}$, $M_{am}({}^1_1\text{H}) = 1,00794 \text{ а. е. м.} = 1,00794 * 931,49 \text{ МэВ} = 938,88 \text{ МэВ}$, $m_n = 939,57 \text{ МэВ}$.
19. Найти энергию связи ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$, если удельная энергия связи урана – 7,5 МэВ/нукл.
20. При захвате нейтрона ядром ${}^{235}_{92}\text{U}$ происходит деление по схеме: ${}^1_0n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 2 {}^1_0n$. Какая энергия выделяется в результате этой реакции, если $E_{C\mathcal{B}}({}^{235}\text{U}) = 1762,5 \text{ МэВ}$, $E_{C\mathcal{B}}({}^{94}\text{Sr}) + E_{C\mathcal{B}}({}^{140}\text{Xe}) = 2012,4 \text{ МэВ}$? Дефектом массы нейтрона пренебречь

6) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36–40	Студент должен: – продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; – исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; – правильно формулировать определения; – продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; – уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30–35	Студент должен: – продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; – продемонстрировать знание основных теоретических понятий; – достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; – продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; – уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 24–29	Студент должен: – продемонстрировать общее знание изучаемого материала; – показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; – уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 23 и меньше	Студент демонстрирует: – незнание значительной части программного материала; – не владение понятийным аппаратом дисциплины; – существенные ошибки при изложении учебного материала; – неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – неумение делать выводы по излагаемому материалу.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за контрольную	Оценка по 5-балльной системе
27 – 30	Отлично
22 – 26	Хорошо
18 – 21	Удовлетворительно
<17	Неудовлетворительно

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая оценка 60 баллов максимально за работу в семестре и 40 баллов максимально на экзамене.

За работу в семестре можно получить 30 баллов за коллоквиум и 30 баллов за контрольную работу.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
<i>5 семестр</i>			
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Коллоквиум	18	30
	Контрольная точка № 2		
	Контрольная работа	18	30
Промежуточный	Экзамен	24	40
	Билеты		
ИТОГО по дисциплине		60	100
Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум

Шкала пересчета итогового рейтингового балла в оценку по 5-балльной системе

Итоговый рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
90 - 100	Отлично
75 – 89	Хорошо
60 – 74	Удовлетворительно
<60	Неудовлетворительно

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. И.В.Савельев. Курс общей физики. Учебное пособие для студентов вузов: в 4 т.- М.:КноРус. Т.1. Механика, молекулярная физика и термодинамика. (2009, 2012) -13 экз.

2. И.В.Савельев. Курс общей физики.Учебное пособие для студентов вузов: в 4 т.- М.:КноРус. Т.2. Электричество и магнетизм. (2006, 2012) -20 экз.
3. И.В.Савельев. Курс общей физики.Учебное пособие для студентов вузов: в 4 т.- М.:КноРус. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. (2009)-2 экз.
4. И.Е.Иродов. Механика. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2005, 2006, 2010, 2013. 2014), ЭБС Лань - 2, 50,8 экз., <http://e.lanbook.com>
5. И.Е.Иродов. Электромагнетизм. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2012), ЭБС Лань - 50 экз., <http://e.lanbook.com>
6. И.Е.Иродов. Волновые процессы. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2013), ЭБС Лань – 30 экз., <http://e.lanbook.com>
7. И.Е.Иродов. Квантовая физика. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2007, 2013), ЭБС Лань - 1, 1 экз., <http://e.lanbook.com>
8. И.Е.Иродов. Задачи по общей физике. Учебное пособие для вузов.- М.:Бином. Лаборатория знаний (2012, 2014), ЭБС Лань - 9, 2 экз., <http://e.lanbook.com>

б) дополнительная учебная литература:

1. И.В.Савельев. Курс общей физики. **Книга 1.** М, АСТ, 2002 ;**Книга 2.** М, АСТ, 2002., **Книга 3.** М, АСТ, 2003., **Книга 4.** М, АСТ, 2002., **Книга 5.** М, АСТ, 2001 - 200, 200, 200, 200, 200 экз
2. И.Е.Иродов. Задачи по общей физике. Учебное пособие для вузов.- СПб:Лань (2005, 2007, 2009), ЭБС Лань - 21, 5, 2 экз., <http://e.lanbook.com>
3. Иродов И.Е. Основные законы механики –М.:ВШ, 1997 , ЭБС Лань – 500 экз., <http://e.lanbook.com>
4. И.Е.Иродов. Физика макросистем. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2004, 2009), ЭБС Лань - 3, 1 экз., <http://e.lanbook.com>
5. Росткова Т.Б., Рухляда Н.Я.Применение основных законов механики к решению физических задач.– Обнинск: ИАТЭ, 2002. – 76 с.– 100 экз.
6. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 2012. – 352 с.
7. Кириченко Н.А. Термодинамика, статистическая и молекулярная физика. – М.: Физматкнига, 2005. – 176 с.
8. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Высшая школа, 2000.
9. Стрелков С.П. Механика. – М.: ,
10. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1977.– Вып. 1-10.
11. Суханов А.Д. Фундаментальный курс физики. – М.:«Агар», 1996.– Т.–1.– 536 с.
12. Сборник задач по общему курсу физики. Учебное пособие для вузов. Ч.1. Механика. Термодинамика и молекулярная физика / Под ред. В.А.Овчинкина. – М.: Изд. МФТИ, 2002. – 448 с.
13. Липсон Г. Великие эксперименты физики . М.: Мир, 1972. – 215 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

Интернет – сайт «В помощь студентам, изучающим физику»

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Контрольная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций
2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
3. Интерактивное общение с помощью э/почты или Skype.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Аудиторный фонд института

2. Учебная лаборатория "Оптика и атомная физика".
3. Компьютерный класс каф. ОиСФ
4. Библиотечный фонд института

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Часов в интерактивной форме – 40.

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

Адронами называются частицы, которые могут участвовать в *сильном взаимодействии*. К адронам относятся *протоны, нейтроны, мезоны* и некоторые др. частицы.

Аннигиляцией называется взаимное уничтожение частиц и античастиц, в результате которого образуются *фотоны*. Например, аннигиляция электрона и позитрона приводит к образованию двух фотонов. См. также *Принцип зарядового сопряжения*.

Глюоны – квазичастицы, переносчики *сильного взаимодействия*.

Гравитационное взаимодействие – одно из четырех *фундаментальных взаимодействий*, самое слабое по интенсивности. Присуще всем телам Вселенной. Самое известное его проявление – всемирное тяготение. Согласно наиболее распространенной точке зрения, носит обменный характер: механизм сводится к обмену квазичастицами – *гравитонами*.

Взаимопревращаемость – фундаментальное свойство элементарных частиц. При распаде частицы происходит не разложение частицы на составные части, а рождение новых частиц. Так, например, в результате распада *нейтрона* на *протон, электрон и антинейтрино* происходит именно рождение протона, электрона и антинейтрино. Нельзя сказать, что нейтрон состоит из этих частиц.

Волна, сопоставляемая с любым движущимся микрообъектом. **Длина волны де-Бройля** $\lambda = h/mv$, где h – *постоянная Планка*, $p = mv$ – импульс микрочастицы. Общепринятая трактовка: волны де-Бройля – волны вероятности.

Гравитонами называются гипотетические квазичастицы – переносчики *гравитационного взаимодействия*. **Гравитоны** – кванты гравитационного поля.

Дефектом массы называется разность суммы масс *нуклонов*, входящих в состав ядра, и массы ядра.

Квантовой механикой называется механика объектов атомного и ядерного масштаба.

Нерелятивистская квантовая механика создана в 1923-26 гг. Шредингером и Гейзенбергом. В основе квантовой механики лежит несколько постулатов, в том числе утверждение о том, что состояние частицы (микрообъекта) описывается Ψ -функцией – комплексной функцией координат и времени, квадрат модуля которой интерпретируется как плотность вероятности обнаружить частицу в данном месте пространства.

Квантовая теория возникла в 1900 году при объяснении закономерностей *теплового излучения* (М.Планк). Как выяснилось, эти закономерности можно объяснить, только приписав электромагнитному излучению корпускулярные свойства (излучение происходит отдельными порциями – квантами, энергия кванта пропорциональна частоте излучения). См. также *Постоянная Планка*.

Квантовые числа – целочисленные параметры, определяющие значения некоторых величин, характеризующих микрообъект. Например, энергия электрона в атоме определяется квантовым

числом n и принимает дискретный ряд значений.

Кварки – частицы, из которых построены *адроны*. В свободном состоянии не наблюдаются. Переносчики взаимодействия между кварками – *глюоны*. См. также *Сильное взаимодействие*. К лептонам относятся легкие частицы, не участвующие в *сильном взаимодействии* и имеющие спин $1/2$. К лептонам относятся электроны, мюоны, таоны и соответствующие им античастицы. **Нейтрино** – элементарная частица, не участвующая в сильном и в электромагнитном взаимодействии. Может преодолевать огромные расстояния, не взаимодействуя с веществом. **Нейтроны** – тяжелые электрически нейтральные частицы, входящие в состав атомного ядра. **Нуклоны** – общее название *протонов* и *нейтронов*.

Опыт Резерфорда по рассеиванию α -частиц тонкой золотой фольгой (1911) позволил подтвердить ядерную модель атома. Говорят, что Резерфорд открыл атомное ядро.

Периодическим законом называется закон, открытый Д.И.Менделеевым (1869), согласно которому физические и химические свойства элементов находятся в периодической зависимости от числа протонов в ядре (т. е. от порядкового номера элемента в таблице Менделеева). Смысл закона помогла понять *квантовая механика*. Периодичность свойств объясняется тем, что при переходе от атома к атому во внешнем электронном слое появляются одинаковые группы электронов (валентные электроны).

Постоянная Планка $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – одна из фундаментальных физических констант, введенная М.Планком в 1900 году для объяснения законов теплового излучения. Присутствует во многих соотношениях *квантовой механики*. Постоянную $\hbar = h/2\pi$ также называют постоянной Планка.

Принцип зарядового сопряжения гласит: каждая заряженная элементарная частица имеет античастицу. Этот принцип распространяется на нейтральные частицы нейтрон и нейтрино. Например, для протона античастицей является антипротон, для нейтрона – антинейтрон, для электрона – позитрон и т. д. Частицы и античастицы имеют одинаковую массу, время жизни, спин, противоположный по знаку электрический заряд, магнитный момент и некоторые другие характеристики. При встрече частицы с античастицей происходит *аннигиляция* с образованием γ -квантов.

Простейшая формулировка принципа Паули: в атоме не может быть двух электронов, находящихся в двух одинаковых *стационарных состояниях*, определяемых набором четырех квантовых чисел, главного (n), орбитального (l), магнитного (m_l) и спинового (m_s). Принципу Паули подчиняются *фермионы* (электрон – фермион!) и не подчиняются *бозоны*. В нерелятивистской квантовой механике принцип Паули рассматривается как дополнительный постулат.

Промежуточными бозонами называются квазичастицы, переносчики *слабого взаимодействия*. **Протоны** – положительно заряженные тяжелые частицы, входящие в состав атомных ядер. Число протонов в ядре определяет его заряд и химические свойства атома.

Радиоактивностью называется процесс самопроизвольного превращения атомного ядра в другое ядро, сопровождающийся испусканием *элементарных частиц*. Радиоактивность ядер, существующих в природе, называется естественной, а радиоактивность ядер, полученных в результате *ядерной реакции*, называется искусственной.

Сильное взаимодействие присуще тяжелым частицам (протонам, нейtronам и т. д.). Наиболее известное его проявление – ядерные силы, удерживающие нуклоны в ядрах атомов и *кварки* в *адронах*. Носит обменный характер: механизм сводится к обмену *глюонами*. Сильное взаимодействие – короткодействующее, действует на расстояниях порядка 10^{-15} м. См. также *Фундаментальные взаимодействия*.

Скорость света в вакууме – скорость распространения света в вакууме $c = 299'792'458$ м/с.

Скорость света в вакууме – предельная скорость распространения любых физических взаимодействий.

Слабое взаимодействие присуще всем частицам, кроме фотона. Носит обменный характер: механизм сводится к обмену *промежуточными бозонами*. Наиболее известное его проявление – бета-распад нейтрона.

Слабое взаимодействие – короткодействующее, действует на расстояниях порядка 10^{-18} м. См. также *Фундаментальные взаимодействия*.

Соотношение неопределенностей устанавливает пределы одновременного экспериментального определения пар некоторых величин. Например, произведение неопределенностей координаты и импульса частицы не может быть меньше *постоянной Планка*.

Спектральные серии – группы спектральных линий. Например, в спектре водорода наблюдаются серии Лаймана, Бальмера, Пашена и др.

Спин – собственный механический момент частицы. Частицы с целым спином (в единицах \hbar , \hbar – *постоянная Планка*) называются *бозонами*, с полуцелым – *фермионами*. Например, электрон (спин 1/2) – типичный фермион, фотон (спин равен 0) – типичный бозон.

Теория Бора (1913) – первая примитивная квантовая механика водородного атома и водородоподобных ионов. Бор прокvantовал атом Резерфорда. Теория объясняла водородный спектр (позволяла рассчитать положения спектральных линий), но не могла объяснить спектры более сложных атомов. Теория Бора была эклектичной, так как содержала квантовые (неклассические) постулаты и в то же время использовала представления и законы классической физики (понятие «орбита», «траектория», использовала второй закон Ньютона и пр.).

Термоядерными реакциями называются экзотермические *ядерные реакции* синтеза легких ядер, в результате которого образуются более тяжелые ядра. Например, при синтезе изотопов водорода образуется гелий. Протекают такие реакции при очень высоких температурах порядка 10^7 – 10^9 К.

Уравнение Шредингера – основное уравнение *квантовой механики*, позволяющее рассчитать Ψ -функцию. Из-за колоссальных математических трудностей точное решение уравнения можно провести только в нескольких случаях.

Фотоном называется квазичастица, введенная для того, чтобы объяснить корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотону приписывается энергия $\varepsilon = h\nu$ и импульс $p = h\nu/c$, где ν – частота света, c – скорость света в вакууме, а $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – *постоянная Планка*. **Фотоны – кванты** электромагнитного поля. *Электромагнитное взаимодействие* осуществляется путем обмена фотонами.

Существует четыре типа фундаментальных взаимодействий. В порядке уменьшения интенсивности: *сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное*. Гравитационное взаимодействие обладает предельно малой интенсивностью, но играет важную роль во Вселенной из-за колоссальных масс космических объектов.

Характеристическое рентгеновское излучение возникает при достаточно высоком ускоряющем напряжении на рентгеновской трубке. Механизм сводится к вырыванию электронов с внутренних электронных оболочек и к переходу на эти места электронов с других оболочек атома. Спектр такого излучения линейчатый. Появляется на фоне сплошного тормозного рентгеновского спектра как набор спектральных линий. Зависит от материала антикатода.

Электромагнитное взаимодействие – одно из четырех *фундаментальных взаимодействий*. Действует только между электрически заряженными частицами. Носит обменный характер: механизм связан с обменом *фотонов*. Самое известное его проявление – кулоновские силы.

Электрон – мельчайшая отрицательно заряженная частица, входящая в состав атомов.

Элементарными частицами называется большая группа субядерных частиц, которые уже не рассматриваются как бесструктурные образования («кирпичики» мироздания). В настоящее время известно около 400 элементарных частиц.

Энергия связи – энергия, которую надо затратить, чтобы разделить ядро атома на составляющие его частицы. Расчет энергии связи производится с помощью соотношения $\Delta E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$, где Δm – *дефект массы*, c – *скорость света в вакууме*.

Ядерная модель атома предполагает наличие в атоме положительно заряженного массивного ядра, в котором сосредоточена почти вся масса атома, и отрицательно заряженных электронов, вращающихся вокруг ядра по круговым или эллиптическим орбитам. Размеры ядра порядка 10^{-15} м, размеры атома – 10^{-10} м. Модель внутренне противоречива: вращающийся электрон должен излучать электромагнитные волны, терять энергию и, в конце концов, упасть на ядро. Выход из положения был найден Бором. См. также *Опыт Резерфорда и Теория Бора*.

Ядерной реакцией называется процесс сильного взаимодействия атомного ядра с элементарной частицей или другим ядром, приводящий к превращению атомных ядер.

Ядерные силы удерживают нуклоны в ядрах атомов. Это не силы в ньютонаовском понимании, поэтому лучше говорить о *сильном взаимодействии* между нуклонами. Обладают свойством зарядовой независимости, т. е. действуют одинаково в системах *протон-протон, нейtron-нейtron, протон-нейtron*.

Ядерный реактор – установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция деления ядер. Ядерные реакторы – мощные источники *нейтронов и нейтрино*. В реакторах получают искусственные радиоактивные элементы.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины разработана в отделении биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

<p>Рассмотрена на заседании отделения биотехнологий и рекомендована к одобрению Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ (протокол № <u>9/1</u> от «<u>21</u>» <u>04</u> <u>2023</u>г.)</p>	<p>Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ  А.А. Котляров</p>
---	--