

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)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерная физика

название дисциплины

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

код и название направления подготовки

образовательная программа

Приборы и методы контроля качества диагностики

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. 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 Содержание компетенций*	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
УК-1	Способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения	Знать: основные свойства и характеристики атомных ядер и ядерных реакций, законы сохранения в ядерных реакциях; детальныe характеристики процесса деления атомных ядер. Уметь: применять основные свойства и характеристики атомных ядер и ядерных реакций для проведения теоретических и экспериментальных исследований. Владеть: математическими методами оценки процессов и явлений, необходимость исследования которых возникает в профессиональной деятельности.
УК-2	способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности	Знать: концептуальную и проектную проработку современных физических установок, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности Уметь: провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и	Уметь:

	<p>общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения</p>	<p>применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения</p>
--	---	--

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части. Индекс дисциплины – Б.03.05

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Химия, Математика, Физика

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Теория переноса нейтронов, Теория переноса излучений, Физическая теория реакторов, Ионизирующие излучения.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

3. 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 единицы (з.е.), 180 академических часов.

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

Заполнять в соответствии с методическими рекомендациями по учету контактных видов работы

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	№ 5	№
	Количество часов на вид работы:	
Контактная работа обучающихся с преподавателем	48	
Аудиторные занятия (всего)	48	

В том числе:		
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>	16	
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>	16	
<i>лабораторные занятия(занятия в интерактивной форме)</i>	16	
Промежуточная аттестация		
В том числе:		
<i>зачет</i>	-	
<i>экзамен</i>	54	
Самостоятельная работа обучающихся		
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	78	
В том числе:		
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	20	
<i>Подготовка к семинарским занятиям</i>	10	
<i>Подготовка к выполнению лабораторной работы, оформлению отчета</i>	10	
<i>Подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости (в течение семестра)</i>	20	
<i>Подготовка ко всем видам контрольных испытаний промежуточной аттестации (по окончании семестра)</i>	18	
Всего (часы):	180	
Всего (зачетные единицы):	5	

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)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Атомное ядро	6	13	16		39					
1.1.	Основные характеристики атомных ядер	1	4	5		6					
1.2.	Радиоактивный распад	1	3	3		6					
1.3.	Альфа-распад	1	2	3		6					
1.4.	Бета-распад	1	2	3		7					
1.5.	Гамма-излучение ядер	1	2	2		7					
1.6.	Экзотические виды радиоактивного распада	1				7					
2.	Ядерные взаимодействия	8	3			39					
2.1.	Общие сведения о ядерных взаимодействиях	2	2			4					
2.2.	Ядерные реакции с тяжелыми ядрами	1				4					
2.3.	Ядерные реакции под действием заряженных частиц	1				4					
2.4.	Термоядерные реакции	1				4					
2.5.	Фотоядерные взаимодействия	2				8					
2.6.	Взаимодействия нейтронов с ядрами	1				5					
2.7.	Деление атомных ядер	1				5					
2.8.	Активация материалов	1	1			5					
	Всего:	16	16	16		78					

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия /семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Атомное ядро	
1.1.	Основные характеристики атомных ядер	Состав, структура, обозначения ядер. Размеры и форма ядер. Массовое число и заряд. Характеристики нейтронов и протонов. Масса и энергия связи. Виды энергии связи. Энергия связи всех нуклонов. Удельная энергия связи. Энергии связи отдельных нуклонов. Формула Вайцеккера и ее анализ. Другие формулы для масс ядер. Дефект массы. Выражение энергий связи и дефекта массы через декременты массы. Условия устойчивости ядер. Стабильные и нестабильные нуклиды. Таблица нуклидов и ее основные особенности. Энергетические состояния ядер и их характеристики. Момент количества движения (спин) ядра. Магнитный момент ядра. Электрический квадрупольный момент ядра. Изобарический спин. Четность.
1.2.	Радиоактивный распад	Открытие радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада. Основной закон радиоактивного распада. Константа распада, период полураспада, среднее время жизни ядер и связь между ними. Активность. Превращения элементов при радиоактивном распаде. Правило сдвига Фаянса и Содди. Цепочки последовательных распадов. Радиоактивные семейства. Количественное описание изменения числа ядер каждого члена цепочки во времени. Анализ цепочки из двух радиоактивных нуклидов. Радиоактивное равновесие.
1.3.	Альфа-распад	Природа альфа-частиц. Превращения ядер при альфа-распаде. Энергия альфа - распада. Распределение энергии между альфа-частицей и ядром отдачи. Условие устойчивости по отношению к альфа-распаду. Области альфа-активных ядер. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Энергии альфа - распада различных ядер. Периоды полураспада. Закон Гейгера-Неттола. Связь между энергиями альфа - распада и массовыми числами ядер. Кулоновский барьер и энергии альфа-частиц. Энергетические спектры альфа-частиц. Основы

		теории альфа - распада.
1.4.	Бета-распад	Основные свойства бета-частиц. Превращения ядер при бета-распаде. Энергия бета-распада. Условия устойчивости ядер по отношению к бета-распаду. Области бета-нестабильных ядер. Вылет нуклонов при бета-распаде. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Значения энергий бета-распада. Периоды полураспада бета-активных ядер. Бета-распад свободных нейтронов. Энергетические спектры бета-частиц. Изменение спинов ядер при бета-распаде. Нейтрино. Правила отбора для разрешенных бета - переходов. Запрещенные бета - переходы. Несохранение четности при бета-распаде.
1.5.	Гамма-излучение	Гамма - кванты (фотоны). Область гамма-излучения на шкале длин электромагнитных волн. Ядерные процессы, при которых возникают гамма - кванты. Энергетические спектры гамма - квантов. Взаимодействие гамма - квантов с веществом. Понятие мультипольности электромагнитного излучения. Правила отбора. Примеры использования правил отбора. Внутренняя конверсия электромагнитных переходов. Механизм внутренней конверсии. Условия возможности внутренней конверсии. Коэффициенты внутренней конверсии. Внутренняя конверсия при $0 - 0$ переходах. Ядерная изомерия. Эффект Мессбауэра.
1.6.	Экзотические виды радиоактивного распада	Протонная радиоактивность. Двухпротонная радиоактивность. Нейтронная радиоактивность. Кластерная радиоактивность.
2.	Ядерные взаимодействия	
2.1.	Общие сведения о ядерных взаимодействиях	Разновидности ядерных взаимодействий. Запись ядерных реакций. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Основные характеристики ядерных реакций. Выход. Эффективное сечение. Дифференциальные сечения. Угловые и энергетические распределения вторичных частиц. Энергия реакции. Экзоэнергетические и эндоэнергетические реакции. Пороговая энергия. Зависимость энергии вторичных частиц от угла вылета. Диаграмма импульсов.
2.2.	Ядерные реакции с тяжелыми ядрами	Составное ядро. Условия применимости понятия составного ядра. Концепция Бора. Два этапа ядерной реакции. Сечение контакта. Коэффициент прилипания. Сечение образования составного ядра.

		Эффективное сечение реакции. Описание образования и распада составного ядра. Каналы ядерной реакции. Формула Брайта-Вигнера.
2.3.	Ядерные реакции под действием заряженных частиц	Ядерные реакции под действием альфа-частиц. Сравнение реакций (α, n) и (α, p) . Типичные примеры реакций (α, n) . Использование реакций (α, n) для получения нейтронов. Конструкция и основные параметры источников нейтронов. Ядерные реакции под действием дейтронов. Энергии реакций (d, n) . Использование реакций (d, n) для получения нейтронов. Разрыв дейтронов в поле ядра. Реакции срыва при больших энергиях. Ядерные реакции под действием протонов. Энергии реакций (p, n) . Использование реакций (p, n) для получения нейтронов. Зависимость энергий нейтронов от угла вылета. Эффект кинематической коллимации. Анализ каналов реакции ${}^7\text{Li}+p$.
2.4.	Термоядерные реакции	Термоядерные реакции в звездах. Вопрос об источниках энергии излучения звезд. Параметры Солнца. Принципиальная возможность реакций ядерного синтеза в недрах звезд. Водородный и углеродный циклы Бете. Интенсивность «сгорания» водорода на Солнце. Потоки нейтрино от Солнца. Осуществление реакций синтеза в земных условиях. Перспективы использования термоядерных реакций в энергетике.
2.5.	Фотоядерные взаимодействия	Общие сведения о фотоядерных взаимодействиях. Фотоядерные реакции и рассеяние фотонов ядрами. Открытие первой фотоядерной реакции. Типы фотоядерных реакций. Энергия реакции. Пороговая энергия. Экспериментальные методы исследований фотоядерных взаимодействий. Источники фотонов: радиоактивные элементы, ускорители протонов и электронов, ядерные реакторы. Фоторасщепление дейтрона. Прямой ядерный фотоэффект. Гигантский дипольный резонанс (ГДР) и зависимость его параметров от массового числа. Структура ГДР в области легких ядер. Расщепление ГДР в области деформированных ядер. Мультипольные резонансы.
2.6.	Взаимодействия нейтронов с ядрами	Открытие нейтронов и их основные свойства. Радиационный захват нейтронов. Нейтронные реакции с вылетом заряженных частиц. Нейтронные реакции с вылетом нескольких частиц. Прохождение нейтронов через вещество. Характеристики нейтронных полей. Замедление нейтронов. Диффузия тепловых нейтронов.

2.7.	Деление атомных ядер	Открытие процесса деления ядер. Механизм процесса деления. Спонтанное деление. Освобождение энергии при делении. Эффективные сечения деления. Осколки деления. Вторичные нейтроны деления. Мгновенное гамма-излучение при делении.
2.8.	Активация материалов	Открытие искусственной радиоактивности. Методы получения искусственных радионуклидов. Активация. Изменения при активации активности образцов во времени.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Атомное ядро	
1.1.	Основные характеристики атомных ядер	Размеры, заряды, массы и энергии ядер.
1.2.	Радиоактивный распад	Основные закономерности радиоактивного распада.
1.3.	Альфа-распад	Альфа-распад.
1.4.	Бета-распад	Бета-распад
1.5.	Гамма-излучение ядер	Гамма-излучение ядер
2.	Ядерные взаимодействия	
2.1.	Общие сведения о ядерных взаимодействиях	Энергетические характеристики ядерных реакций. Пороговая энергия. Зависимость энергии вторичных частиц от угла вылета. Диаграмма импульсов. Выход реакции. Эффективное сечение.
2..	Активация материалов	Активация вещества при различных ядерных реакциях.

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
1.	Атомное ядро	
1.1.	Основные характеристики атомных ядер	Изучение статистических распределений.
1.2.	Радиоактивный распад	Исследование искусственной радиоактивности.
1.3.	Альфа-распад	Изучение распределений пробегов альфа – частиц и определение энергии альфа – частиц.
1.4.	Бета-распад	Изучение поглощения бета – частиц в веществе и определение максимальной энергии бета – спектра.

1.5.	Гамма-излучение ядер	Исследование поглощения гамма – излучения в веществе.
------	-----------------------------	---

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

1. Методические указания по подготовке и выполнению лабораторных работ по дисциплине «Ядерная физика», утвержденные кафедрой ядерной физики, протокол № 2 от 25.09.2014 г.

2. презентации курса;
3. интернет источники.

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.	Атомное ядро	УК-1, УК-2, ОПК-1	защита лабораторных работ, собеседование, тест, контрольная работа, устный опрос
		УК-1, УК-2, ОПК-1	защита лабораторных работ, собеседование, тест, контрольная работа, устный опрос
2.	Ядерные взаимодействия	УК-1, УК-2, ОПК-1	тест, контрольная работа, устный опрос
		УК-1, УК-2, ОПК-1	тест, контрольная работа, устный опрос
Промежуточный контроль, 5 семестр			
	Экзамен	УК-1, УК-2, ОПК-1	Экзаменационные билеты
Всего:			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы (задания):

1. Состав, размеры и форма атомных ядер.
2. Сопоставление радиоактивного распада и активации.
3. Спин и магнитный момент атомных ядер.
4. Масса и энергия связи атомных ядер.
5. Уровни энергии возбужденного ядра и их характеристики.
6. Виды радиоактивности и законы радиоактивного распада.
7. Радиоактивные семейства и правила смещения при α -распаде.
8. Энергия α -распада и спектры α -частиц.
9. Понятия о механизме и теории α -распада.

10. Особенности прохождения α -частиц через вещество.
11. Виды и энергия бета - распада. Дорожка стабильности.
12. Энергетическое распределение электронов при β - распаде.
13. Особенности прохождения электронов через вещество.
14. Основные эффекты взаимодействия заряженных частиц с веществом.
15. Вероятности γ -переходов и правила отбора.
16. Внутренняя конверсия электронов.
17. Ядерная изомерия. Основные характеристики спиновых изомеров.
18. Общий характер взаимодействия γ -излучения с веществом.
19. Основные эффекты взаимодействия γ -излучения с веществом.
20. Ядерные реакции. Классификация, энергетическая диаграмма.
21. Выделение и поглощение энергии в ядерных взаимодействиях. Примеры.
22. Составное ядро. Гипотеза Н.Бора, каналы реакции.
23. Законы сохранения в ядерных реакциях и их особенности.
24. Понятие о сечении ядерной реакции и его энергетической зависимости.
25. Источники γ -излучения.
26. Радиационный захват нейтронов. Значение и особенности реакции.
27. Резонансная формула Брейта-Вигнера. Характеристики резонансов.
28. Упругое рассеяние частиц. Импульсная диаграмма.
29. Деление ядер спонтанное и вынужденное. Энергия, выделяемая при делении.
30. Механизм деления. Энергетический барьер деления.
31. Понятие о теории деления ядер.
32. Деление ядер. Основные свойства.
33. Запаздывающие нейтроны деления ядер.
34. Вторичные нейтроны деления ядер.
35. Трековые детекторы. Искровые камеры.
36. Трековые детекторы. Ядерные фотоэмульсии.
37. Трековые детекторы. Пузырьковые камеры.
38. Трековые детекторы. Камеры Вильсона.
39. Недостатки и достоинства сцинтилляционных детекторов.
40. Измерение спектров γ -квантов сцинтилляционными детекторами.
41. Фотоэлектронные умножители. Конструкция и назначение.
42. Сцинтилляционные детекторы, принципы работы.
43. Достоинства полупроводниковых детекторов, примеры спектров.
44. Принципы работы полупроводниковых детекторов.
45. Полупроводниковые детекторы. Требования к материалам.
46. Газовые детекторы ионизирующих излучений. Основные требования.
47. Ионизационные камеры. Принцип действия, достоинства и недостатки.
48. Счетчики Гейгера-Мюллера. Принцип действия, достоинства.
49. Пропорциональные счетчики. Принцип действия, достоинства.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Студент считается допущенным к сдаче экзамена при условии выполнения им программы дисциплины и получения за работу в семестре не менее 35 баллов. На экзамене студентам предлагается ответить на два теоретических вопроса и решить задачу из разных разделов программы.

в) описание шкалы оценивания:

Итоговая оценка по дисциплине (максимум 100) определяется по сумме баллов, набранных за работу в течение семестра (максимум 60), и баллов, полученных при сдаче экзамена (максимум 40). Ответ студента на экзамене оценивается в интервале 20–40 баллов. Для сдачи экзамена необходимо набрать суммарно не менее 60 баллов.

6.2.2. Тест

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Из каких частиц состоит атомное ядро?

Варианты ответа:

- 1) из протонов и электронов
- 2) из протонов и нейтронов
- 3) из нейтронов и электронов
- 4) из протонов, нейтронов и гамма-квантов

2. Какие ядра называются изотопами?

Варианты ответа:

- 1) ядра с одинаковым числом протонов
- 2) ядра с одинаковым числом нейтронов
- 3) ядра с одинаковым числом нуклонов
- 4) ядра, имеющие достаточно долгоживущие (метастабильные) энергетические уровни

3. Какие факты говорят о существовании сил особой природы – так называемых ядерных сил?

Варианты ответа:

- 1) существование ядра
- 2) существования протона
- 3) существование нейтрона
- 4) существования атома

4. Как радиус ядра связан с числом нуклонов в нем?

Варианты ответа:

- 1) $R = r_0 \cdot A^{1/2}$
- 2) $R = A^{1/4}$
- 3) $R = r_0 \cdot A^{1/3}$
- 4) $R = r_0 + A^{1/3}$

5. Как соотносится 1 а.е.м. с 1 МэВ?

Варианты ответа:

- 1) 1 а.е.м. = 931,5 МэВ
- 2) 1 а.е.м. = 93,15 МэВ МэВ

3) 1 а.е.м. = 9315 МэВ

4) 1 а.е.м. = 9,315 МэВ

6. Какая величина называется полной энергией связи атомного ядра?

Варианты ответа:

1) $\Delta E(A, Z) = [Zm_p - (A - Z)m_n + M(A, Z)] \cdot c^2$

2) $\Delta E(A, Z) = [Zm_p + (A - Z)m_n - M(A, Z)] \cdot c^2$

3) $\Delta E(A, Z) = [M(A, Z) - Zm_p - (A - Z)m_n] \cdot c^2$

4) $\Delta E(A, Z) = [Zm_p - (A - Z)m_n - M(A, Z)] \cdot c^2$

7. Как в общем виде записывается условие устойчивости ядра (A, Z) по отношению к распаду на части (A_1, Z_1) и (A_2, Z_2) ?

Варианты ответа:

1) $M(A, Z) > M(A_1, Z_1) + M(A_2, Z_2)$

2) $M(A, Z) < M(A_1, Z_1) + M(A_2, Z_2)$

3) $M(A, Z) = M(A_1, Z_1) + M(A_2, Z_2)$

4) $\Delta E(A, Z) < \Delta E(A_1, Z_1) + \Delta E(A_2, Z_2)$

8. Какая физическая величина называется магнитным моментом?

Варианты ответа:

1) $\overset{\text{в}}{\mu} = g \cdot \overset{\text{в}}{I}$

2) $\overset{\text{в}}{\mu} = g - \overset{\text{в}}{I}$

3) $\overset{\text{в}}{\mu} = g + \overset{\text{в}}{I}$

4) $\overset{\text{в}}{\mu} = g / \overset{\text{в}}{I}$

9. Кем, когда и как была открыта радиоактивность?

Варианты ответа:

1) Беккерель в 1896 г. обнаружил, что уран испускает невидимое излучение, способное проникать через черную бумагу и засвечивать фотопластинку

2) Ф. и И. Жолио-Кюри в 1934 г. обнаружили, что при распаде некоторых ядер образуются частицы с положительным зарядом

3) Э. Резерфорд в 1911 г. при изучении рассеяния альфа-частиц

4) П. Виллард в 1900 г. при открытии гамма-лучей при изучении распада урана

10. Как записывается основной закон радиоактивного распада в интегральной форме?

Варианты ответа:

- 1) $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
- 2) $N(t) = \int e^{-\lambda t} dt$
- 3) $N(t) = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t})$
- 4) $N(t) = \int (1 - e^{-\lambda t}) dt$

11. Какая величина называется активностью?

Варианты ответа:

- 1) активность выражается числом распадов в образце в 1 секунду
- 2) активность выражается энергией, выделяющейся в образце при радиоактивном распаде за 1 секунду
- 3) активность выражается числом распадов в образце за период полураспада
- 4) активность выражается энергией, выделяющейся в образце при радиоактивном распаде за период полураспада

12. Какие единицы используются для выражения активности в системе СИ и на практике?

Варианты ответа:

- 1) в системе СИ: 1 Бк = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Ки = $3.7 \cdot 10^{10}$ Бк
- 2) в системе СИ: 1 Ки = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Бк = $3.7 \cdot 10^{10}$ Ки
- 3) в системе СИ: 1 Бк = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Ки = 10^{10} Бк
- 4) в системе СИ: 1 Ки = 1 распаду в секунду; на практике: 1 Бк = 10^{10} Ки

13. Что называется вековым равновесием?

Варианты ответа:

- 1) масс покоя ядра не меняется веками
- 2) активность радионуклида не меняется веками
- 3) энергии связи двух радионуклидов равны
- 4) радиоактивное равновесие, поддерживаемое веками

14. Какова природа и основные свойства альфа-частиц?

Варианты ответа:

- 1) α -частица – это частица с нейтральным электрическим зарядом и массой $\rightarrow 0$.
- 2) α -частица – это частица с зарядом $= e$ и массой $= 2$ а.е.м.
- 3) α -частица – это неустойчивая частица с отрицательным электрическим зарядом.
- 4) α -частица – это ядро ${}^4\text{He}$ с зарядом $Z=2$ и общим числом нуклонов $A=4$

15. Какие встречаются разновидности энергетических спектров альфа-частиц?

Варианты ответа:

- 1) Линейчатые и непрерывные.
- 2) Простые, с тонкой структурой и с длиннопробежными α -частицами.
- 3) Альфа-спектр имеет форму кривой Максвелла
- 4) Альфа-спектр имеет форму кривой Гаусса

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест состоит из двух частей, каждая из которых содержит 10 вопросов. Оценивается количество выполненных тестовых заданий.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за тест – 20 баллов.

Если студент ответил верно менее чем на 12 вопросов и если отсутствовал по неуважительной причине, он имеет возможность пересдать тест с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится.

6.2.3. Защита лабораторных работ

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Описание лабораторной работы;
2. Цели, задачи и порядок проведения лабораторной работы;
3. Тип и характеристики используемого источника ионизирующего излучения;
4. Расчет возможной дозы облучения на рабочем месте;
5. Отчет по лабораторной работе.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- оформление лабораторных журналов;
- оформление лабораторных отчетов (наличие всех необходимых расчетов и графиков);
- оценка погрешностей, получаемых результатов.

в) описание шкалы оценивания:

Оценивание лабораторных работ проводится по принципу «зачтено»/ «не зачтено». Лабораторная работа считается защищенной, если выполнены все необходимые измерения и расчет, выполнен отчет, а также при успешном прохождении собеседования.

6.2.4. Собеседование

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Привести примеры применения дискретных распределений в ядерной физике.
2. Что называется периодом полураспада?
3. Какие ядра называются радиоактивными?
4. Физический смысл области устойчивости стабильных ядер и способы распада нестабильных ядер, лежащих выше и ниже области устойчивости.
5. Закономерности радиоактивного распада.
6. Дать определение периода полураспада и показать методику определения периода полураспада по результатам измерений уменьшения активности образца во времени.
7. Что показывают кривые интегрального и дифференциального распределений α -частиц?
8. Виды потерь энергии α -частиц при прохождении через вещество и их вклад при различных энергиях α -частиц.
9. Виды β -распада.
10. Виды потерь энергии β -частиц в веществе.
11. Процессы взаимодействия γ -квантов с веществом.

12. Найти толщину слоя поглотителя половинного ослабления потока γ -квантов для одного из веществ (по заданию преподавателя).

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- полнота ответов на вопросы;
- умение пояснить связь между различными физическими величинами;

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за собеседование – 20 баллов.

Если студент набрал за собеседование меньше 12 баллов и если отсутствовал по неуважительной причине, он имеет возможность пересдать собеседование с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится.

6.2.5. Контрольная работа

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Вариант 1

1. Вычислить удельные активности радионуклидов ^{24}Na и ^{238}U , периоды полураспада которых равны 15 ч. и $4,5 \cdot 10^9$ лет, соответственно.
2. Вычислить энергию, которую необходимо затратить для разделения ядра ^{20}Ne на две α -частицы и ядро ^{12}C , если энергии связи на один нуклон в этих ядрах равны 8.03, 7.07 и 7.68 МэВ, соответственно.

Вариант 2

1. Радиоизотоп ($T_{1/2} = 14.3$ сут.) образуется с постоянной скоростью $q = 2.7 \cdot 10^{10}$ ядер/с. Через сколько времени после начала образования его активность станет равной $1.0 \cdot 10^9$ Бк.
2. Вычислить в а.е.м. массу ^8Li , если его энергия связи равна 41.3 МэВ.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Задача 1 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за контрольную работу – 20 баллов.

Если студент набрал за контрольную работу меньше 12 баллов и если отсутствовал по неуважительной причине во время контрольной работы, студент имеет возможность переписать её с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится.

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

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум м	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Собеседование	12	20
	Защита лабораторных работ		
	Контрольная точка № 2		
	Контрольная работа	12	20
	Тест	12	20
Промежуточный	Экзамен		
	Экзаменационный билет	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Определение бонусов и штрафов:

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях.

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать **5 баллов**.

Штрафы: за несвоевременное написание контрольной работы, прохождение собеседования максимальная оценка может быть снижена на 20%

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Устный опрос проводится на каждом лекционном занятии и затрагивает тематику прошедшего лекционного материала. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на экзамене.

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

а) основная учебная литература:

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. 7-е изд. – СПб.: Из-во «Лань», кн. 1 и 2, 2009. [Электронный ресурс] <http://e.lanbook.com/>
2. Ядерная физика в Интернете. Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ осуществляется при поддержке [НИИЯФ МГУ](#). [Электронный ресурс] <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
3. Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии. [Электронный ресурс] : монография. — Электрон. дан. — М. :Физматлит, 2011. — 561 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2722

б) дополнительная учебная литература:

1. Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика. Сборник задач : Учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. - 8-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2002. - 288 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература) (297 экз.)
2. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 т. / К. Н. Мухин. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань Т. 1 : Физика атомного ядра. - 2008. - 384 с. : ил. - Классическая учебная литература по физике)(153 экз.)
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для студ. вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер. - М. :Физматлит Т. 5 : Атомная и ядерная физика. - 2006. - 784 с. : ил.(51 экз.)

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

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>

<http://kuperbook.biblioclub.ru>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://library.mephi.ru>

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; пометать 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 удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям: характеристики ядра, размер, форма, масса, заряд, энергия связи ядра, радиоактивный распад, основные характеристики распада; прохождение заряженных частиц через вещество; прохождение гамма-квантов через вещество; ядерные реакции, законы сохранения в ядерных реакциях, деление тяжелых ядер, энергия деления.
Контрольная работа	При подготовке к контрольной работе необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения.
Лабораторная работа	Передвыполнением лабораторной работы необходимо: 1. ознакомиться с описанием лабораторной работы; 2. уяснить цели, задачи и порядок проведения лабораторной работы; 3. определить тип и характеристики используемого источника ионизирующего излучения; 4. рассчитать возможную дозу облучения на рабочем месте Результаты выполнения работы должны быть занесены в лабораторный журнал. Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие элементы: 1. титульный лист; 2. цель работы; 3. схему установки и описание методов измерений; 4. характеристики используемого источника излучений; 5. таблицу полученных экспериментальных данных;

	6. рабочие формулы, описывающие изучаемое явление, расчет необходимых величин; 7. расчет погрешностей; 8. запись результатов с указанием погрешностей и размерностей; 9. необходимые графики; 10. сравнение полученных результатов со справочными данными и выводы.
Собеседование	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Тест	Работа с конспектом лекций, повторение основных понятий и формул.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и интернет источники.

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

10.1. Перечень информационных технологий

- Применение средств мультимедиа в образовательном процессе (презентации, видео);
- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).

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

1. Лабораторные работы выполняются в лаборатории ядерной физики. Для выполнения лабораторных работ используются радиоактивные источники α -, β -, γ -излучения, амплитудные анализаторы импульсов, энергетические спектрометры ядерных излучений, персональные компьютеры;
2. Доступ к сети INTERNET на кафедре имеется с 5-ти компьютеров;
3. Библиотечный фонд института.

12. Иные сведения и (или) материалы

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

Весь лекционный материал представлен в виде презентаций на основе современных мультимедийных средств.

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практически е занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Основные характеристики атомных ядер	Практические занятия	2	Собеседование
2	Радиоактивный распад	Практические занятия	1	Собеседование
3	Альфа-распад	Практические занятия	1	Собеседование
4	Бета-распад	Практические занятия	1	Собеседование
5	Гамма-излучение ядер	Практические занятия	1	Собеседование
6	Бета-распад	Лекция	2	Лекция – пресс-конференция
7	Активация материалов	Лекция	2	Лекция – пресс-конференция

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

В самостоятельную работу входит решение задач и самостоятельное изучение материала по следующим темам:

1. Устойчивость ядер, основные особенности таблицы нуклидов;
2. Модели атомных ядер, области их применения;
3. Природа ядерных сил;
4. Общие характеристики взаимодействия радиоактивного излучения с веществом;
5. Взаимодействие гамма-квантов с атомными ядрами;
6. Механизм внутренней конверсии и сопровождающие её излучения;
7. Опыты по доказательству существования нейтрино;
8. Физика нейтрино;
9. Детекторы частиц;
10. Несохранение четности при бета-распаде;

11. Активация материалов;
12. Открытие процесса деления ядер;
13. Открытие нейтронов и их основные свойства;
14. Прохождение нейтронов через вещество.

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение.

Программу составил:

_____ И.В. Романцова, доцент отделения ЯФиТ, к.ф.-м.н.

Рецензент:

Программа рассмотрена на заседании отделения ЯФиТ
(протокол № 1 от «31» августа 2021 г.)

Начальник отделения
Ядерной физики и технологий
_____ Д.С. Самохин
«31» августа 2021 г.