

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

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет

«МИФИ»

**(СарФТИ НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-технического  
факультета

СарФТИ НИЯУ МИФИ

\_\_\_\_\_ А.К. Чернышев

«    » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Современные проблемы естествознания и устойчивого развития: прохождение  
излучения через вещество**

Направление подготовки (специальность) 03.04.01 Прикладные математика и физика  
Профиль подготовки Физика фундаментальных взаимодействий

Квалификация (степень) выпускника магистр  
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения очная  
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Автор \_\_\_\_\_ д.ф.-м. н. Ю.Я. Нефедов

Рецензент \_\_\_\_\_ д.ф.-м. н. С.Н. Абрамович

**Согласовано:**

Зав. кафедрой ЯРФ \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Руководитель ОПП \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ  
(актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2021 г)

Программа одобрена  
на заседании кафедры Ядерной и радиационной физики  
от 31.08.21 (протокол №2).

г. Саров 2021 г.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

- формирование у студентов физических представлений о закономерностях прохождения заряженных частиц, фотонов и нейтронов через вещество, об основных эффектах и явлениях, сопровождающих прохождение излучения через вещество и методах экспериментального наблюдения и описания процессов взаимодействия.

Задачи дисциплины: изучение механизмов взаимодействия заряженных и нейтральных частиц, рентгеновского и гамма-излучения с веществом; вероятностей процессов взаимодействия от энергии, квантовых характеристик и углов рассеяния; потерь энергии от свойств частиц и среды; законов сохранения в элементарных актах взаимодействия.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Современные проблемы естествознания и устойчивого развития: прохождение излучения через вещество является дисциплиной профиля Физика фундаментальных взаимодействий, изучается студентами на 1 курсе магистратуры (1 и 2 семестр) согласно учебному плану.

Курс основан на базе дисциплин Общая физика, Физика атомного ядра и элементарных частиц, Квантовая механика, Математический анализ.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

В совокупности с другими дисциплинами базовой части ФГОС ВО курс направлен на формирование следующих общепрофессиональных компетенций и профессиональных компетенций магистра:

ОПК-2 - Способен самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования, анализа и обработки данных, компьютерные программы, средства их разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики);

ОПК-3 - Способен в рамках своей профессиональной деятельности анализировать, выявлять, формализовать и находить решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач;

ПК-2 - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:**

**З-ОПК-2** Знать современные теоретические, в том числе математические и экспериментальные методы исследований для решения профессиональных задач.

**З-ОПК-3** Знать современные методы анализа, обработки информации и решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач.

**З-ПК-2** Знать методики оценки и выбора методов исследования.

в том числе:

- механизмы взаимодействия ядерного излучения – электронов, протонов, альфа-частиц, нейтронов, гамма-квантов с веществом;

- свойства и характеристики полей ионизирующих излучений различных типов; единицы их измерения,

- статистический характер природной и техногенной радиоактивности;

- методы экспериментального наблюдения и описания процессов взаимодействия ИИ с веществом.

**Уметь:**

**У-ОПК-2** Уметь самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования анализа и обработки данных, компьютерные программы, средства из разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики).

**У-ОПК-3** Уметь решать типовые задачи профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.

**У-ПК-2** Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования

В том числе:

- рассчитывать характеристики поля излучения любого вида по заданным параметрам источника и поглотителя, прогнозировать и анализировать результаты эксперимента;

- применять пакеты прикладных программ для расчета полей ионизирующих излучений.

**Владеть:**

**В-ОПК-2** Владеть навыками проведения фундаментальных и прикладных исследований и разработок, работы на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре

**В-ОПК-3** Владеть навыками использования современных методов анализа, обработки и формализации информации в сфере профессиональной деятельности, а также решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач

**В-ПК-2** Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.

В том числе:

- математическим аппаратом, позволяющим осуществлять предварительные оценки планируемого эксперимента;
- физическими методами регистрации излучения;
- методами обработки экспериментальных данных, оценки погрешностей эксперимента и расчетов характеристик полей излучения.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, включая интерактивную форму обучения - 28 часов (1 семестр : 16ч – практические занятия, 29ч – СРС, 14 ч в интерактивной форме; 2 семестр: 32 ч – практические занятия, 49 ч – СРС, 14 ч в интерактивной форме).

##### 4.1 СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

###### 1 СЕМЕСТР

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия/ семинары (ИФ)	Самостоятельная работа			
Тема 1. Классификация взаимодействий в природе.	1		2		Семинар по теме 1	Экзамен	
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 2. Строение материи. Классификация видов гамма-излучения. Взаимодействие гамма-излучения с веществом	3		2(2)	2	Групповое обсуждение	Экзамен	5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 3. Явление фотоэффекта.	5		2(2)	2	Групповое обсуждение	Экзамен	5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тормозное излучение электронов. Методы монохроматизации пучков гамма-лучей: кристалл-дифракционный метод и метод “меченых” фотонов.	7		2 (2)	2	Групповое обсуждение		5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 4. Явление рассеяния гамма-излучения.	9		2(2)	2	Групповое обсуждение Семинар по теме 4	Экзамен	5

<b>Групповое обсуждение.</b> Оптика рентгеновских и гамма-лучей: преломление и полное внутреннее отражение. Соотношение интенсивностей преломленного и отраженного лучей в зависимости от среды.	11		2 (2)	2	Групповое обсуждение		5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 5. Эффект образования электрон-позитронных пар.	13		2(2)		Групповое обсуждение	Экзамен	5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 6. Общий характер взаимодействия гамма-квантов с веществом.	15		2(2)	Подготовка к семинару, КР – 6ч	Групповое обсуждение Семинар по теме 6 КР	Экзамен	5 10
	17			Подготовка к экзамену – 13 ч		Экзамен	
Итого	17		16 (14 ч в ИФ)	29			
<b>Посещаемость</b>							5
<b>Работа в семестре:</b> Групповое обсуждение -7 КР - 1							35 10
<b>Экзамен</b>							50
<b>ИТОГО</b>							100
<b>2 СЕМЕСТР</b>							
Тема 7. Взаимодействие нейтронов с веществом. Радиационный захват нейтронов – общие закономерности процесса	1-2		4	2	Семинар по теме 7	Экзамен	
Тема 8. Реакции с образованием протонов.	3-4		4	3	Семинар по теме 8	Экзамен	5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 9. Реакция деления – общие закономерности, условия возникновения цепной ядерной реакции.	5-6		4(2)	2	Групповое обсуждение	Экзамен	4
Тема 10. Неупругое рассеяние нейтронов. Особенности образования гамма-квантов.	7-8		4	3	Семинар по теме 10	Экзамен	5
<b>Групповое обсуждение.</b> Тема 11. Типы нейтронных источников.	9-10		4(4)	2	Групповое обсуждение Семинар по теме 11	Экзамен	4
Тема 12. Упругое рассеяние нейтронов – общие представления о процессе <b>Групповое обсуждение</b> Тема 13. Теория замедления.	11-13		3 2(2)	3	Семинар по темам 12, 13  Групповое обсуждение	Экзамен	5

КР	13		1	4	КР	Экзамен	5
<b>Групповое обсуждение.</b> Источники электронов, протонов, альфа-частиц, нейтронов, тяжелых ионов, к- и π-мезонов и др. частиц, рентгеновского и гамма-излучения.	14		2(2)	3	Групповое обсуждение		4
<b>Групповое обсуждение.</b> Механизм образования излучения Вавилова–Черенкова. Пороговые значения энергии частиц, угловое распределение и энергетический спектр излучения.	15		2(2)	3	Групповое обсуждение		4
<b>Групповое обсуждение.</b> Каналирование тяжелых заряженных частиц в кристаллах. “Эффект теней”. Применение эффекта для определения времени протекания ядерных реакций и структуры кристаллов. <b>Групповое обсуждение.</b> Методы получения и применение многозарядных ионов. Особенности торможения тяжелых ионов. Роль соударений с ядрами.	16		2(2)	6	Групповое обсуждение		4
				Подготовка к экзамену – 18 ч			
Итого	17		32 (14 ч в ИФ)	49			
<b>Посещаемость</b>							5
<b>Работа в семестре:</b> семинары - 4 групповое обсуждение -5 КР - 1							20 20 5
<b>Экзамен</b>							50
<b>ИТОГО</b>							100

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Классификация взаимодействий в природе. Очень слабое взаимодействие и его особенности. Сильное (ядерное) взаимодействие и его особенности

Тема 2. Современное представление о строении материи. Классификация видов гамма-излучения. Взаимодействие гамма-излучения с веществом

Тема 3. Явление фотоэффекта. Томсоновское рассеяние гамма-излучения.

Тема 4. Явление рассеяния гамма-излучения. Комптоновское рассеяние (эффект Комптона).

Тема 5. Эффект образования электрон-позитронных пар.

Тема 6. Общий характер взаимодействия гамма-квантов с веществом.

Тема 7. Взаимодействие нейтронов с веществом. Радиационный захват нейтронов – общие закономерности процесса

Тема 8. Реакции с образованием протонов. Реакции с образованием  $\alpha$ -частиц.

Тема 9. Реакция деления – общие закономерности, условия возникновения цепной ядерной реакции. Реакции с образованием двух и большего числа нуклонов. Запаздывающие нейтроны.

Тема 10. Неупругое рассеяние нейтронов. Особенности образования гамма-квантов.

Тема 11. Типы нейтронных источников. Радионуклидные источники. Ядерный реактор как источник тепловых и быстрых нейтронов.

Тема 12. Упругое рассеяние нейтронов – общие представления о процессе. Спектры рассеянных нейтронов

Тема 13. Представление об элементах теории замедления. Понятие среднего квадрата перемещения нейтрона при замедлении. Понятие среднего значения косинуса угла рассеяния. Понятие возраста нейтронов ( $\tau$ ) и длины замедления ( $L_s$ ). Понятие коэффициента замедления

## 4.3 ИНТЕРАКТИВНЫЕ ФОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Задачами интерактивных форм обучения являются:

- пробуждение у студентов интереса к научно-исследовательской работе;
- эффективное усвоение учебного материала;
- самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- установление взаимодействия между студентами, обучение работать в команде;
- формирование жизненных и профессиональных навыков.

### 1 семестр

№п/п	Раздел дисциплины (тема)	Интерактивная форма	Кол-во часов	Методы и средства контроля
1	Взаимодействие гамма-излучения с веществом	групповое обсуждение	2	Педагогическое наблюдение и анализ правильности ответов на вопросы; вопросы, задаваемые по теме; замечания, активность обсуждения и т.п.
2	Явление фотоэффекта.	групповое обсуждение	2	
3	Тормозное излучение электронов. Методы монохроматизации пучков гамма-лучей: кристалл-дифракционный метод и метод “меченых” фотонов.	групповое обсуждение	2	
4	Явление рассеяния гамма-излучения.	групповое обсуждение	2	
5	Оптика рентгеновских и гамма-лучей: преломление и полное внутреннее отражение. Соотношение интенсивностей преломленного и отраженного лучей в зависимости от среды.	групповое обсуждение	2	
6	Эффект образования электрон-позитронных пар.	групповое обсуждение	2	
7	Общий характер взаимодействия гамма-квантов с веществом.	групповое обсуждение	2	

### 2 семестр

№п/п	Раздел дисциплины (тема)	Интерактивная форма	Кол-во часов	Методы и средства контроля
1	Реакция деления – общие закономерности, условия возникновения цепной ядерной реакции.	групповое обсуждение	2	Педагогическое наблюдение и анализ правильности ответов на вопросы; вопросы, задаваемые по теме; замечания, активность обсуждения и т.п.
2	Типы нейтронных источников.	групповое обсуждение	2	
3	Теория замедления.	групповое обсуждение	2	
4	Источники электронов, протонов, альфа-частиц, нейтронов, тяжелых ионов, $k$ - и $\pi$ -мезонов и др. частиц, рентгеновского и гамма-излучения.	групповое обсуждение	2	
5	Механизм образования излучения Вавилова–Черенкова. Пороговые значения энергии частиц, угловое распределение и энергетический спектр излучения.	групповое обсуждение	2	
6	Каналирование тяжелых заряженных частиц в кристаллах. “Эффект теней”. Применение эффекта для определения времени протекания ядерных реакций и структуры кристаллов.	групповое обсуждение	2	
7	Методы получения и применение многозарядных ионов. Особенности торможения тяжелых ионов. Роль соударений с ядрами.	групповое обсуждение	2	



## **5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

### **5.1. ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

- самостоятельный поиск литературы по разделам курса;
- самостоятельное изучение тем, предложенных преподавателем, подготовка к семинарскому занятию;
- устная презентация материала по разделам курса;
- подготовка к экзамену.

Формы текущего контроля: доклады с презентацией по темам семинаров, участие в дискуссиях, ответы на вопросы в ходе устных опросов.

## **6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

*Текущий и итоговый контроль знаний студентов:*

- посещаемость всех видов занятий;
- семинары (доклады с презентациями);
- занятия в интерактивной форме;
- сдача экзамена по предложенным вопросам.

### **6.1. ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ ПРИВЕДЕНЫ В ФОС**

#### **6.2. Вопросы к экзамену (1 СЕМЕСТР)**

1. Классификация взаимодействий в природе.
2. Очень слабое взаимодействие и его особенности.
3. Слабое взаимодействие и его особенности.
4. Электромагнитное взаимодействие и его особенности.
5. Сильное (ядерное) взаимодействие и его особенности.
6. Современное представление о строении материи.
7. Физические характеристики гамма-излучения.
8. Классификация видов гамма-излучения в зависимости от физического механизма его образования.
9. Основные виды взаимодействия гамма-излучения с веществом.
10. Фотоэффект как физическое явление.
11. Зависимость сечения фотоэффекта от энергии гамма-излучения.
12. Соотношение вероятностей фотоэффекта от различных электронных оболочек.
13. Зависимость сечения фотоэффекта от заряда среды распространения гамма-излучения.
14. Направленность выхода фотоэлектронов в зависимости от энергии гамма-излучения.
15. Рассеяние гамма-излучения как физическое явление.
16. Томпсоновское рассеяние гамма-излучения.

17. Дифференциальное сечение Томсоновского рассеяния.
18. Полное (интегральное) сечение Томсоновского рассеяния.
19. Когерентное рассеяние гамма-излучения.
20. Комптоновское рассеяние гамма-излучения.
21. Основные закономерности рассеяния Комптоновского гамма-излучения.
22. Зависимость дифференциального сечения Комптоновского рассеяния от энергии гамма-излучения.
23. Зависимость интегрального сечения Комптоновского рассеяния от энергии гамма-излучения.
24. Зависимость интегрального сечения Комптоновского рассеяния от заряда среды распространения гамма-излучения.
25. Понятие «обратного» Комптон-эффекта.
26. Эффект образования электрон-позитронных пар как физическое явление.
27. Зависимость сечения образования «пар» от энергии гамма-излучения.
28. Зависимость сечения образования «пар» от заряда среды распространения гамма-излучения.
29. Общий характер взаимодействия гамма-излучения с веществом.
30. Зависимость общего характера взаимодействия гамма-излучения с веществом от энергии гамма-квантов.
31. Зависимость общего характера взаимодействия гамма-излучения с веществом от заряда среды распространения гамма-квантов.
32. История открытия нейтронов и их основные свойства (спин, магнитный момент, масса, размер).

### 6.3. Вопросы к экзамену (2 СЕМЕСТР)

33. Общий характер взаимодействия нейтронов с веществом.
34. Радиационный захват нейтронов – общие закономерности процесса.
35. Роль  $(n,\gamma)$ -реакции в процессе наработки трансурановых элементов.
36. Роль  $(n,\gamma)$ -реакции при оптимизации защиты от нейтронов.
37. Реакция с образованием протонов -  $(n,p)$ -реакция.
38. Роль  $(n,p)$ -реакций при регистрации нейтронов и дозиметрии.
39. Общие закономерности  $(n,p)$ -реакций и примеры  $(n,p)$ -реакций для быстрых и тепловых нейтронов.
40. Реакция с образованием  $\alpha$ -частиц -  $(n, \alpha)$ -реакция.
41. Примеры  $(n, \alpha)$ -реакций для ряда легких элементов (Li, B).

42. Роль  $(n, \alpha)$ -реакций при регистрации нейтронов и в дозиметрии.
43. Роль  $(n, \alpha)$ -реакций при оптимизации защиты от нейтронов и наработке трития.
44. Реакция деления – общие закономерности  $(n, f)$ -реакции (энергия, выделяющаяся при делении, параметр деления, распределение осколков деления по массам).
45. Характер распределения осколков деления по массам в зависимости от энергии налетающего нейтрона.
46. Необходимые условия возникновения цепной ядерной реакции.
47. Коэффициент размножения нейтронов – определение.
48. Зависимость коэффициента размножения от числа вторичных нейтронов, сечения различных взаимодействий, конструкции и размеров установки.
49. Определение критических размеров установки и критической массы ДМ (примеры критических масс для ряда ДМ).
50. Пути снижения критических размеров установок и критической массы ДМ (отражатели, форма ДМ, окружение).
51. Важнейшие характеристики цепной реакции – скорость нарастания, время жизни нейтронов одного поколения.
52. Процессы, влияющие на важнейшие характеристики цепной реакции.
53. Описание эксперимента по определению числа вторичных нейтронов и их спектрального распределения.
54. Запаздывающие нейтроны  $(n, f)$ -реакции – основные характеристики (число нейтронов, их спектральный состав, распределение во времени).
55. Роль запаздывающих нейтронов в протекание процесса управляемой цепной ядерной реакции.
56. Сечение деления и практическое осуществление цепного ядерного процесса.
57. Роль радиационного захвата при реализации цепной реакции, роль графитовой решетки в этом процессе.
58. Реакция с образованием двух и более числа нуклонов (реакции  $(n, 2n)$ ,  $(n, np)$ ,  $(n, 3n)$ ).
59. Использование высокопороговых реакций для регистрации быстрых нейтронов (например, DT–нейтронов).
60. Примеры пороговых реакции (на ядрах C, Cu, Be).
61. Неупругое рассеяние нейтронов –  $(n, n'\gamma)$ -реакция.
62. Особенности  $(n, n'\gamma)$ -реакции как основного механизма образования  $\gamma$ -квантов.
63. Типы нейтронных источников.
64. Радионуклидные источники (на основе реакции  $(\alpha, n)$  и спонтанного деления).  
Примеры таких источников.

65. Нейтронные источники на основе ускорителей заряженных частиц (примеры источников).
66. Ядерный реактор как источник тепловых и быстрых нейтронов.
67. Статические и периодические (частотные) нейтронные источники и их роль в экспериментальной ядерной физике.
68. Однократный высокоинтенсивный источник нейтронов (на основе плазменного фокуса, лазерного излучения, ядерного взрыва, импульсных ядерных реакторов).
69. Упругое рассеяние нейтронов – общие представления о процессе.
70. История открытия эффекта упругого рассеяния.
71. Процесс замедления нейтронов для водорода. Связь энергии рассеянного нейтрона (протона) с энергией падающего протона и углами рассеяния.
72. Спектр рассеянных нейтронов (протонов) при однократном рассеянии на водороде.
73. Спектр рассеянных нейтронов (протонов) для двукратного рассеяния на водороде.
74. Выражение для средней энергии рассеянных нейтронов при  $n$ -кратном рассеянии на водороде.
75. Выражение для среднего числа столкновений при  $n$ -кратном рассеянии на водороде.
76. Выражении для среднего числа столкновений при  $n$ -кратном рассеянии на ядрах с  $A \neq 1$  ( $A \geq 12$ ).
77. Выражении для средней энергии рассеянного нейтрона при рассеянии на ядре с  $A \neq 1$ .
78. Особенности замедления в области больших и малых энергий нейтронов для легких и тяжелых ядер.
79. Общее представление об элементах теории замедления.
80. Понятие о средней длине свободного пробега нейтронов ( $\lambda_s$ ).
81. Выражение для пути (расстояния), пройденного нейтроном за время замедления от начальной энергии до заданной.
82. Понятие среднего квадрата перемещения нейтрона при замедлении.
83. Понятие среднего значения косинуса угла рассеяния.
84. Понятие возраста нейтронов ( $\tau$ ) и длины замедления ( $L_s$ ).
85. Понятие коэффициента замедления.
86. Общее выражение для диффузии тепловых нейтронов.
87. Понятие диффузионной длины, коэффициента диффузии, времени жизни нейтронов.
88. Понятие хорошего и плохого замедлителя на примере  $H_2O$ ,  $D_2O$ ,  $Be$ ,  $C$ .
89. Понятие о среднелогарифмической потере энергии при одном соударении ( $\xi$ ) для ядер с  $A \neq 1$ .

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.01 «Прикладные математика и физика» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия по проблемным вопросам и др.).

В рамках учебного курса студенты работают с рекомендованной литературой. В процессе подготовки студенты используют специализированные учебно-методические пособия.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Ю.Я.Нефедов, В.Т.Пунин. Методы диагностики параметров высокоинтенсивных импульсных источников ионизирующих излучений. - Курс лекций. Саров, 2010.

2. Методы и средства физичек их измерений. Т.1. Под ред.: В.М.Горбачева, Ю.Я. Нефедова. - Саров: Изд-во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2008.

3. Техника исследований кратковременных импульсов проникающих излучений. Под ред.: В.М. Горбачева. – Саров: Изд-во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2010.

4. К.Н.Мухин. Экспериментальная ядерная физика. Ч.1 и 2. – М. Атомиздат, 2006.

### **Дополнительная литература**

1. Б.В.Рыбаков, В.А.Сидоров. Спектрометрия быстрых нейтронов. – М. Атомиздат, 1958.

2. З.А.Альбинов, А.И.Веретенников, О.В.Козлов. Детекторы импульсного ионизирующего излучения. – М. Атомиздат, 1978.

3. А.И.Веретенников, В.М.Горбачев. Методы исследования импульсных излучений. – М. Энергоатомиздат, 1985.

4. А.И.Абрамов, Ю.В.Казанский, Е.С.Матусевич. Основы экспериментальных методов ядерной физики. – М. Энергоатомиздат, 1985.

5. Н.А.Власов. Нейтроны. – М. Наука, 1971.

6. А.А.О’Dell, С.W.Sandifer et al. NIM, 1968, v.61, p.340-346.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные кабинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудование мультимедийными средствами обучения.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ)**

Изучение данной дисциплины предполагает освоение материалов семинарских занятий. На самостоятельную работу студентов при изучении дисциплины отводится 144 часа. Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на семинарах, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в разделе 8. По каждой из тем следует сначала прочитать конспект и рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий

конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в изучаемой теме.

Одной из задач преподавателя является выработка у студентов осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для их дальнейшей работы по специальности. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от факторов, влияющих на организацию учебного процесса
- активное участие студентов в учебном процессе
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: семинарские занятия.

На семинарах раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, ставятся акценты на наиболее сложных положениях изучаемого материала. Материалы семинаров используются студентами для подготовки к экзамену.

РП составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 03.04.01 «Прикладная математика и физика»

## **Лист регистрации изменений**