Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ НИЯУ МИФИ (ТФ НИЯУ МИФИ)

ОДОБРЕНО

УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 04.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ И ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ПЛАЗМА

Направление подготовки (специальность) [1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	30	30	0		48	0	ЗО
Итого	3	108	30	30	0	30	48	0	

АННОТАЦИЯ

Курс «Газонаполненные детекторы гамма-излучения и газоразрядная плазма» состоит из трех частей – 1) Введение в физику газового разряда, 2) Типы газонаполненных детекторов, их конструктивные особенности, изготовление и задачи и 3) Многоуровневое предсказательное моделирование газонаполненных детекторов.

Первая часть курса посвящена обзору основной информации о физике газового разряда и газоразрядной плазме, типах разрядов, вольт-амперной характеристике разных типов разрядов, физических и химических процессах, протекающих в разрядах и плазме, построению кинетического уравнения баланса энергий и концентраций частиц в плазме.

Вторая часть курса посвящена обзору свойств инертных газов и жидкостей как детектирующих сред, описанию различных типов детекторов излучений на основе газонаполненных камер, их современных конструктивных особенностей и технологиям изготовления, приведен разбор современных задач в различных разделах физики, медицины и прикладных областях и методы их решения с использованием новейших газонаполненных детектирующих систем.

Третья часть курса посвящена вопросам многоуровневого предсказательного моделирования газонаполненных детекторов и содержит в себе описание и разбор методик, позволяющих рассчитывать свойства макросистем (детектирующих систем), начиная от уровня элементарных процессов, происходящих в рабочем веществе, вплоть до уровня целостных конструкций детекторов и прогнозирования их детектирующих характеристик.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины «Газонаполненные детекторы гамма-излучения и газоразрядная плазма»:

1. Изучение:

• элементов теории взаимодействия излучений с веществом;

• основных свойств атомов, структуры их энергетических уровней, потенциалов взаимодействий;

• основных процессов переноса носителей зарядов в газовых разреженных, плотных и жидких средах;

• принципов детектирования излучений с использованием инертных газов различной плотности (сцинтилляционный, ионизационный и газоразрядный режимы);

• современных конструктивных особенностей детекторов излучений на основе газонаполненных камер и методов их разработки и изготовления;

• современных методик решения различных задач в физике излучений, медицине, астрономии, промышленности, геологии, астрономии с помощью газонаполненных детекторов излучений;

• методик многоуровневого предсказательного моделирования.

2. Выработка умений и навыков:

• рассчитывать закономерности взаимодействия излучений с веществом;

• рассчитывать основные характеристики атомов, сечения рассеяния электронов и кинетические характеристики носителей зарядов в газовых и жидких средах;

• моделировать основные характеристики детекторов с целью оптимизации конструктивных особенностей и рабочих параметров под конкретные задачи;

• работы с детектирующей аппаратурой;

• экспериментальных измерений характеристик излучений;

• работы со специальной научной литературой.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина «Газонаполненные детекторы гамма-излучения и газоразрядная плазма» входит в программу подготовки магистров по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов общей физики, в том числе, раздела «Атомная и молекулярная физика», а также обладать базовыми знаниями курса «Квантовая механика».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	**Объект или область знания**	**Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**
научно-исследовательский			
проведение научных исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, самостоятельное решение поставленной задачи с выбором необходимых	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители	ПК-38.1 [1] - Способен к научным исследованиям в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, к самостоятельному решению поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к	З-ПК-38.1[1] - Знать методы исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; У-ПК-38.1[1] - Уметь самостоятельно решать задачи, связанные с исследованиями в

средств, готовность к самостоятельной формулировке задач;	заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	самостоятельной формулировке задач; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, с выбором необходимых средств, а так же самостоятельно формулировать задачи;; В-ПК-38.1[1] - Владеть методами исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики
применение детекторов и установок в области физики элементарных частиц, их разработка и оптимизация;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	ПК-38.2 [1] - Способен работать с детекторами и установками в области физики элементарных частиц, над их разработкой и оптимизацией; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.2[1] - Знать методы работы с детекторами и установками в области физики элементарных частиц, а так же методы их разработки и оптимизации;; У-ПК-38.2[1] - Уметь применять детекторы и установки в области физики элементарных частиц, а так же разрабатывать их и оптимизировать;; В-ПК-38.2[1] - Владеть методами работы с детекторами и установками в области физики элементарных частиц, а так же методами их разработки и оптимизации;
физический анализ процессов	атомное ядро, элементарные частицы	ПК-38.3 [1] - Способен к физическому	З-ПК-38.3[1] - Знать методы физического

взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;	и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	анализу процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;; У-ПК-38.3[1] - Уметь выполнять физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;; В-ПК-38.3[1] - Владеть методами физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;
оценка перспектив развития атомной отрасли, использование ее современных достижения и передовых технологий в научно-исследовательской деятельности;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.
разработка методов	разработка и	ПК-4 [1] - Способен	З-ПК-4[1] - Знать:

регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений и методов измерения количественных характеристик ядерных материалов;	технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине;	самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
проектный			
проведение расчетов и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий;	математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия	ПК-38.5 [1] - Способен проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;	З-ПК-38.5[1] - Знать методы проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;; У-ПК-38.5[1] - Уметь

	излучения с объектами живой и неживой природы,	*Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;; В-ПК-38.5[1] - Владеть методами проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;
экспертный			
оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню;	разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине;	ПК-38.7 [1] - Способен провести общую проверку предлагаемому решению, гипотезе в области экспериментальной ядерной физики и космофизики; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.7[1] - Знать методы проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;; У-ПК-38.7[1] - Уметь проводить общую проверку предлагаемого решения, гипотезы в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;; В-ПК-38.7[1] - Владеть методами проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	2 Семестр						
1	Первый раздел	1-5	10/10/0		25	КИ-8	В-ПК-38.2, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2
2	Второй раздел	6-15	20/20/0		25	КИ-15	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2, В-ПК-38.2, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

	Итого за 2 Семестр		30/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	ЗО	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.2, У-ПК-38.2, В-ПК-38.2, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	**Полное наименование**
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	2 Семестр	30	30	0
1-5	**Первый раздел**	10	10	0
1 - 5	**Введение в физику газового разряда и газоразрядной плазмы** Понятие газового разряда, основные типы газовых разрядов, понятие физика плазмы, классификация плазмы по различным характеристикам. Степень ионизации плазмы. Атомные столкновения. Процессы рождения и гибели зарядов. Вращательно-колебательная релаксация. Кинетика и механизм газофазных реакций. Излучательные процессы. Перенос излучения, выход его из плазменного объема, радиационные потери. Кинетическое уравнение электронов в газе. Функция распределения электронов по	Всего аудиторных часов 10 Онлайн 0	10 0	0 0

	энергиям. Типы разрядов.			
6-15	**Второй раздел**	20	20	0
6 - 15	**Газонаполненные детекторы излучений. Типы, конструкция, рабочее вещество, технологии изготовления, применения, моделирование.** История развития детекторов на инертных газах. Инертные газы и жидкости как рабочее вещество (детектирующая среда). Элементарные процессы, влияющие на генерацию сигнала. Ионизационные камеры. Пропорциональные счетчики. Сцинтилляционные детекторы на инертных газах. ЭЛД. Двухфазные детекторы. Многоуровневое предсказательное моделирование детекторов на основе газонаполненных камер, введение, задачи. Квантово-химические расчеты. Термодинамические свойства сред, расчеты с помощью термодинамических программ. Молекулярно-динамические расчеты. Атомно-молекулярные свойства сред, расчеты сечений рассеяния электронов. Кинетические свойства инертных газов, расчеты транспортных свойств, уравнение Максвелла-Больцмана. По результатам моделирования выбор оптимальных параметров конструкции детектора, состава рабочего вещества, давления, величины электрического поля под конкретные задачи. Пример: Гамма-спектрометры на основе ионизационных камер высокого давления.	Всего аудиторных часов		
		20	20	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	**Полное наименование**
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе проведения лекций используется мультимедийное оборудование. Лекции и семинары проводятся в дисплейном классе или с использованием технологий дистанционного обучения.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	**Индикаторы освоения**	**Аттестационное мероприятие (КП 1)**
ПК-38.1	З-ПК-38.1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-38.1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-38.1	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-38.2	З-ПК-38.2	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-38.2	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-38.2	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-38.3	З-ПК-38.3	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-38.3	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-38.3	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-38.5	З-ПК-38.5	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-38.5	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-38.5	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-38.7	З-ПК-38.7	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-38.7	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-38.7	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	ЗО, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="7">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

• Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

• Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю.

• На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

• В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.

• Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

• Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

• Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

• Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю.

• На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

• В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.

• Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

• Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

Автор(ы):

Чернышева Ирина Вячеславовна, к.ф.-м.н.