

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор НИЯУ МИФИ

_____ О.В. Нагорнов
«31» октября 2023 г.

Ответственный секретарь
Приемной комиссии

_____ Скрытний В.И.
«31» октября 2023 г.

**Программа вступительного испытания
по научной специальности
2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие
системы»**

Форма обучения
очная

Москва, 2023

Общие положения

Форма проведения испытания:

Вступительное испытание по научной специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы», проводится в виде собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

Структура испытания:

Испытание состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках программы вступительного испытания.

Оценка испытания:

Оценка за собеседование выставляется по 100-балльной шкале. Минимальный балл, необходимый для успешного прохождения собеседования и дальнейшего участия в конкурсе – 60 баллов.

Критерии оценки результатов испытания:

100-90 баллов - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.

89-80 баллов - даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.

79-70 баллов - даны обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.

69-60 баллов - даны в целом правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.

59-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.

Вопросы для подготовки к вступительному испытанию

Научная специальность 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы»

I. Прикладная ядерная физика

1. Атомное ядро, его свойства. Масса и заряд ядра. Методы определения массы и заряда ядра. Энергия связи ядра, удельная энергия связи; ее зависимость от заряда ядра и его массы.
2. Радиус ядра, его спин; магнитный дипольный и электрический квадрупольный моменты ядра. Методы определения этих характеристик.
3. Превращения атомных ядер, ядерные реакции. Классификация ядерных превращений. Законы сохранения в ядерных превращениях. Импульсная диаграмма ядерных превращений.
4. Сечение ядерных реакций. Основные закономерности для сечений. Промежуточное ядро и его свойства. Формула Брейта – Вигнера.
5. Основные типы ядерных реакций. Зависимости сечений от энергии излучения, вызывающего реакцию, для различных типов ядерных реакций. Ядерные реакции прямого взаимодействия.
6. Основные законы радиоактивного распада. Дифференциальная и интегральная их форма. Частные случаи (накопление дочерних ядер и вековое равновесие). Радиоактивные семейства (ряды). Искусственно получаемые элементы.
7. Основные закономерности альфа-распада. Туннельный эффект при альфа-распаде. Роль орбитального момента. Структура спектров при альфа-распаде.
8. Основные закономерности бета-распада. Непрерывность спектра бета-частиц. Свойства нейтрино. Несохранение четности в бета-распаде. Правила отбора. Вторичные излучения при бета-распаде.
9. Снятие возбуждения ядер. Механизмы снятия возбуждения, их относительная вероятность. Вторичные излучения при конверсии.
10. Спонтанное деление ядер, его особенности. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Энергетические условия мгновенного и медленного спонтанного деления.
11. Ядерные реакции деления, механизм их реализации. Критическая энергия деления, параметры деления для средних и тяжелых ядер. Условия деления ядер тепловыми нейтронами. Излучения, испускающиеся ядрами при делении.
12. Цепные реакции деления, условия их осуществления. Коэффициент размножения, условие критичности системы. Управляемые и неуправляемые цепные реакции. Практическая реализация цепной реакции. Ядерные реакторы.
13. Термоядерные реакции синтеза. Возможность их осуществления в земных условиях. Управляемая и неуправляемая реакция синтеза.

2. Прикладная ядерная физика. Физика ядерных излучений

1. Взаимодействие протонов и альфа-частиц с веществом. Соотношение между пробегом и энергией. Неупругое и упругое рассеяние. Ионизационное торможение. Кривые ионизации и поглощения
2. Прохождение электронов через вещество. Ионизационные и радиационные потери энергии. Критическая энергия, радиационная длина. Средняя, максимальная и истинная длина пробега электронов в веществе. Соотношение между пробегом и энергией. Коэффициент поглощения. Особенности ослабления средой моноэнергетических электронов и электронов с непрерывным спектром (бета-частиц). Энергетическая зависимость сечений поглощения.
3. Однократное, многократное и диффузное рассеяние электронов. Обратное рассеяние электронов, испускаемых радионуклидными источниками. Коэффициент обратного рассеяния, его зависимость от энергии частиц, атомного номера вещества среды, толщины рассеивателя.
4. Характеристические потери электронов. Черенковское излучение атомов среды, переходное излучение. Каналирование заряженных частиц. Ондуляторное излучение.
5. Общая характеристика взаимодействия фотонов с веществом. «Узкий» пучок фотонов, закон его ослабления. Линейный, массовый, электронный и атомный коэффициенты ослабления. Эффективное сечение взаимодействия фотонов с атомами вещества.
6. Фотоэлектрическое поглощение фотонов атомами вещества. Энергия и угловое распределение фотоэлектронов. Сечение фотопоглощения, его зависимость от энергии и атомного номера вещества. Вторичные излучения при фотоэффекте.
7. Рассеяние фотонов электронами. Томпсоновское рассеяние. Угловая анизотропия томпсоновского рассеяния. Комптоновское рассеяние. Спектры рассеянных фотонов и электронов отдачи при комптоновском рассеянии, угловое распределение фотонов и электронов. Сечение комптоновского рассеяния, его зависимость от энергии и атомного номера вещества.
8. Образование электрон-позитронных пар. Сечение процесса, его зависимость от энергии и атомного номера вещества среды. Спектры электронов и позитронов. Вторичные излучения при образовании пар.
9. Закономерности, характеризующие прохождение фотонов через вещество в условиях «широкого» пучка. Вторичные фотоны в составе «широкого» пучка, их энергетический спектр. Фактор накопления. Зависимость фактора накопления от свойств среды и от энергии первичного излучения.
10. Альbedo гамма-излучения. Состав пучка альбедных фотонов. Зависимость плотности потока отраженного излучения от угла падения

первичного излучения, свойств среды и от энергии первичных фотонов. Спектры фотонов альбедо.

3. МСС. Методы обработки результатов ядерно-физического эксперимента

1. Числовые характеристики случайной величины: математическое ожидание, дисперсия. Функция распределения и функция плотности вероятности.
2. Распределение Пуассона, нормальное и равномерное распределение. Центральная предельная теорема.
3. Распределение хи-квадрат, распределение Стьюдента.
4. Интервальные оценки математического ожидания и дисперсии.
5. Погрешности прямых многократных измерений. Погрешности косвенных измерений. Неопределенность результатов измерений.
6. Инструментальные погрешности измерения.
7. Метод максимального правдоподобия для оценки параметров распределений.
8. Метод наименьших квадратов оценки параметров распределений. Случай линейной и нелинейной зависимости.
9. Многомерный метод наименьших квадратов.
10. Зависимые случайные величины, определение выборочных корреляции и ковариации.
11. Проверка статистических гипотез о значении параметра распределения. Ошибки первого и второго рода. Критерий Наймана-Пирсона.
12. Проверка статистических гипотез на сравнение выборок.
13. Критерий хи-квадрат проверки гипотезы о виде закона распределения.
14. Критерий Колмогорова-Смирнова проверки гипотезы о виде закона распределения..

4. Радиометрия, спектрометрия и дозиметрия ядерных излучений

1. Ионизационные камеры, принцип действия, устройство, интегральные и импульсные ионизационные камеры, ток насыщения, механизм образования импульса, характеристики камер.
1. Пропорциональные газоразрядные детекторы, газовое усиление в детекторах. Механизм образования импульса в пропорциональных детекторах, основные характеристики и области применения детекторов
2. Детекторы с самостоятельным разрядом. Механизм разряда и гашения. Основные характеристики. Области применения.
3. Сцинтилляторы, их основные характеристики, механизмы люминесценции. Сцинтилляционные детекторы, принцип действия и

- устройство.
4. Детекторы на полупроводниках. Электропроводность полупроводников, методы повышения их электросопротивления.
 5. ППД с p-n переходами, поверхностно – барьерные, диффузионно-дрейфовые, детекторы из о.ч.г. ППД, их устройство и характеристики.
 6. Физические основы методов регистрации нейтронов. Ядерные реакции, используемые для регистрации нейтронов. Детекторы для регистрации медленных и быстрых нейтронов.
 7. Преобразование энергии гамма-излучения в веществе. Коэффициент передачи энергии. Дозы излучения. Керма. Линейная передача энергии.
 8. Относительная биологическая эффективность ионизирующего излучения. Взвешивающий коэффициент излучения. Эквивалентная доза.
 9. Соотношение Брегга-Грея. Наперстковые ионизационные камеры. Энергетическая зависимость чувствительности. (Ход с жесткостью). Применение газоразрядных счетчиков в дозиметрии.
 10. Спектрометр, его основные характеристики. Функция отклика детектора. Аппаратурные формы линий однокристалльного гамма-спектрометра. Многокристалльные гамма-спектрометры.
 11. Соседства автоматизации и цифровизации ядерно- физических приборов и устройств.
 12. Цифровые методы обработки сигналов. Амплитудно- цифровые преобразователи.
 13. Нейросети для обработки сигналов детекторов и восстановления информации от регистрирующих систем.
 14. Моделирование детекторов ядерных излучений. Программное обеспечение для моделирования.

5. Физика переноса и взаимодействия нейтронов с веществом

1. Источники нейтронов и их основные характеристики (изотопные источники, генераторы нейтронов, реактор и ускоритель как источники нейтронов). Методы получения моноэнергетических нейтронов.
2. Обзор процессов взаимодействия нейтронов с веществом.
3. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов. Сечения рассеяния.
4. Захват нейтронов. Сечение захвата.
5. Классификация нейтронов по энергиям. Особенности взаимодействия нейтронов разных энергий с веществом.
6. Изменение энергии нейтронов при упругом рассеянии. Характеристики процесса замедления нейтронов. Длина замедления.
7. Замедление нейтронов в водороде и водородосодержащей среде.

8. Замедление нейтронов в слабо поглощающей среде. Вероятность избежать резонансного захвата.
9. Уравнение переноса нейтронов (кинетическое уравнение). Пределы его применимости..
10. Уравнение диффузии нейтронов. Граничные условия. Длина диффузии нейтронов, ее физический смысл.
11. Уравнение возраста. Критерии его применимости. Физический смысл возраста нейтронов.
12. Численные методы решения уравнения переноса нейтронов. Метод групп. Метод статистических испытаний.
13. Равновесное распределение тепловых нейтронов.
14. Программные средства моделирования процессов взаимодействия нейтронного излучения с веществом.
15. Использование систематизированных баз (библиотек) ядерных и нейтронных данных.

6. Метрология ядерных излучений, стандартизация и сертификация приборов и методик ядерных технологий

1. Методы, используемые в дозиметрии ионизирующего излучения. Основные типы дозиметров и измеряемые величины.
2. Структура, характеристики и особенности электронных цифровых дозиметров и систем на их основе.
3. Средства измерений ионизирующих излучений. Основные понятия. Измерительные приборы. Дозиметрические приборы. Радиометрические приборы. Спектрометрические приборы.
4. Концепция разработки современных блоков и устройств детектирования. Газовые ионизационные детекторы. Полупроводниковые детекторы. Сцинтилляционные детекторы. Элементы и узлы детекторов.
5. Измерение физических величин, погрешности измерений. Эталоны единиц физических величин, меры, нормали, реперы, используемые в атомном приборостроении. Методы измерений ионизирующих излучений.
6. Метрологическое обеспечение средств измерений. Основные понятия. Параметры и характеристики средств измерений, погрешности средств измерений. Метрологическое обеспечение приборов дозиметрического и радиометрического контроля.
7. Параметры и характеристики блоков и устройств детектирования. Градуировка, настройка и поверка средств измерений, стандартные источники ионизирующего излучения. Сертификация продукции

8. Современные нормы радиационной безопасности и приборное обеспечение дозиметрического и радиометрического контроля. Технические средства индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения. Инспекционные приборы контроля радиационной обстановки
9. Измерительно-информационные технологии (И.И.Т.) обеспечения автоматизации ядерных производств, И.И.Т. обеспечения радиационной и ядерной безопасности. И.И.Т. обеспечения безопасности среды обитания человека. И.И.Т. обеспечения качества продукции.

7. Оптика

1. Оптика. Показатель преломления, интерференция, дифракция.
2. Поглощение света веществом, фотолюминесценция.
3. Базовая схема лазера.
4. Активная среда, инверсная населенность.
5. Системы уровней энергии. Трехуровневая схема лазерной генерации, четырехуровневая схема.
6. Оптические резонаторы

Литература

Основная

1. К.Н. Мухин «Экспериментальная ядерная физика», т.1, Физика атомного ядра, 1983. Энергоатомиздат.
2. Radiation detection and measurements, G.Knoll, Wiley, 2012.
3. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов М. Энергоатомиздат, 1986
4. Волков Н.Г. Христофоров В.А., Ушакова Н.П. Методы ядерной спектрометрии, М., Энергоатомиздат, 1990.
5. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985
6. Прикладная ядерная физика: учебное пособие для вузов, Самосадный В.Т., Милосердин В.Ю., Кадилин В.В., 2007 г., Москва.

7. Лабораторный практикум по курсу “ Радиометрия в физике переноса излучений”, МИФИ, 2005
8. Лабораторный практикум «Физика переноса и взаимодействия излучения с веществом» , МИФИ, 2008
9. Прикладная нейтронная физика: учебное пособие для вузов, Кадилин В.В., Рябева Е.В., Самосадный В.Т.
10. Статистические методы обработки результатов измерений, Рябева Е.В., Москва, БукВеди, 2019 г.
11. Защита от ионизирующих излучений, в двух томах, Машкович В.П., Кудрявцева А.В., Москва, 2013г.
12. Дозиметрия ионизирующих излучений: учебное пособие для вузов, Крамер-Агеев Е.А., Смирнов В.В., Климанов В.А. , МИФИ 2015 г.
13. Прикладная нейтронная физика, Часть 1. Источники нейтронов, Рябева Е.В., Юрков Д.И. Москва, БукиВеди, 2021
14. И.И. Гуревич, В.П. Протасов, Нейтронная физика, Москва, Энергоатомиздат, 1997
15. Ядерное приборостроение. т.1. «Приборы для измерения ионизирующих излучений», под ред. Чебышова С.Б. и Хазанова Д.Б. , Авт.: Горн Л.С., Климашов А.А., Матвеев В.В., Самосадный В.Т., Хазанов Б.И., Чебышов С.Б., Черкашин И.И. М.,: ООО «Восточный горизонт», 2005г.
16. В.Ф. Козлов. Справочник по радиационной безопасности – 5-е изд., перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат. 1999.- 520с.:ил.

Дополнительная

1. Г.В. Горшков «Проникающие излучения радиоактивных источников», Изд-во «Наука», 1967.
2. Б.П. Булатов и др. «Альbedo гамма-излучения», АИ, 1968.
3. Н. Мотт, Г. Месси «Теория атомных столкновений», Изд-во «Мир», 1969.
4. В.С. Стародубцев, Л.М. Романов «Прохождение заряженных частиц через вещество», Изд-во АН УзССР, Ташкент, 1962.
5. В. Прайс. Регистрация ядерного излучения, ИЛ. 1960.