

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
«__» _____ 2019 г

Ответственный секретарь
приемной комиссии
_____ И.В. Цветков
«__» _____ 2019 г

**Программа вступительного испытания
по направлению подготовки магистров
14.04.02 «ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ»**

Форма обучения
Очная

Москва 2019

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Форма проведения испытания:

Вступительное испытание в магистратуру проводится в форме собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объема знаний, необходимых для обучения в магистратуре.

Структура испытания:

Испытание состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках программы вступительного испытания. В рамках собеседования дополнительно задаются не влияющие на итоговую оценку вопросы по профилю выбранной абитуриентом программы, призванные сориентировать абитуриента на наиболее подходящую для него образовательную программу в рамках направления 14.04.02 «Ядерные физика и технологии».

Оценка испытания:

Оценка за собеседование выставляется по 100-балльной шкале. Минимальный балл, необходимый для успешного прохождения собеседования и дальнейшего участия в конкурсе ежегодно устанавливается приемной комиссией НИЯУ МИФИ.

Критерии оценки результатов испытания:

100-95 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.

94-90 баллов - даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.

89-85 баллов - даны обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.

84-80 баллов - даны в целом правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.

79-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

Перечень общих вопросов

1. Колебания, основы молекулярной физики и термодинамики

Свободные колебания системы без трения.

Математический маятник. Физический маятник.

Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения.

Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

Различные формы записи уравнения состояния идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа.

Работа, совершаемая идеальным газом при политропическом и адиабатическом процессе. Физический смысл энтропии идеального газа.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.

Распределение Максвелла. Наиболее вероятная скорость молекул, средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул.

Распределение Больцмана. Распределение молекул по координатам. Барометрическая формула.

КПД тепловой машины. КПД цикла Карно. Теорема Карно.

Явления переноса. Диффузия газов. Вязкость газов. Теплопроводность газов.

2. Основы электромагнетизма

Линии напряженности электрического поля и эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом. Работа силы электрического поля. Потенциал.

Электрический диполь в однородном и неоднородном поле (вращательный момент, энергия, сила). Дипольный электрический момент системы зарядов. Поле электрического диполя.

Поле вне и внутри объемно заряженного шара. Поле одной и двух заряженных плоскостей.

Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля. Плотность энергии.

Сила и плотность тока. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Мощность тока. Удельная тепловая мощность тока.

Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Сила Лоренца. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.

Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Поле в центре и на оси кругового тока. Поле бесконечного прямого тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле (вращательный момент, энергия, сила).

Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Э.Д.С. индукции. Индуктивность соленоида. Токи замыкания и размыкания. Энергия магнитного поля

Ток смещения. Полный ток. Уравнения Максвелла.

3. Основы волновой оптики

Волновое уравнение. Уравнение плоской волны.

Эффект Доплера для звуковых и электромагнитных волн.

Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления.

Явление интерференции. Сложение двух электромагнитных волн. Интенсивность суммарной волны.

Временная когерентность, длина когерентности на примере опыта Юнга с монохроматическим протяженным источником.

Способы наблюдения интерференции света (зеркало Ллойда, бипризма и бизеркала Френеля).

Интерференционные полосы равного наклона. Интерференционные полосы равной толщины. Простой клин.

Кольца Ньютона. Интерференция света на тонких пленках. Просветление оптики.

Графическое сложение амплитуд. Зоны Френеля.

Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске. Дифракция Френеля на щели. Дифракция Фраунгофера на щели.

Дифракционная решетка. Положение и угловая ширина главных дифракционных максимумов дифракционной решетки. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.

Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

4. Основы квантовой физики, строения вещества, атомной и ядерной физики

Экспериментальные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Вина).

Формула Планка. Вывод закона Стефана-Больцмана из формулы Планка.

Фотоэффект. Уравнение А.Эйнштейна для фотоэффекта.

Опыт Боте. Фотоны.

Эффект Комптона.

Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.

Элементарная боровская теория водородоподобного атома.

Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка размеров и минимальной энергии водородоподобного атома.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка минимальной энергии одномерного гармонического осциллятора.

Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции.

Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Результаты квантовой механики для одномерного гармонического осциллятора.

Результаты квантовой механики для водородоподобного атома.

Собственный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.

Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атома. Электронные конфигурации.

Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.

Комбинационное рассеяние света. Эффект Рамана.

Энергетические зоны в твердых телах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.

Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Природа ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции

5. Высшая математика

Понятие производной функции. Основные правила дифференцирования функций. Нахождение экстремумов функции.

Понятие матрицы. Определитель матрицы и его вычисление.

Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод Крамера. Критерий существования нетривиального решения системы однородных линейных алгебраических уравнений.

Понятие первообразной функции. Вычисление неопределенных и определенных интегралов, в т.ч. несобственных.

Понятие числового ряда. Признаки сходимости числовых рядов. Разложение функции в ряд Тейлора.

Понятия градиента функции, дивергенции, ротора и циркуляции векторного поля. Теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса.

Понятие обыкновенного дифференциального уравнения. Типы ОДУ первого порядка и методы их решения: уравнение с разделяющимися переменными, однородное ОДУ, уравнение в полных дифференциалах, линейное дифференциальное уравнение.

Линейное дифференциальное уравнение произвольного порядка с постоянными коэффициентами. Методы его решения.

Система линейных дифференциальных уравнений первого порядка. Методы её решения.

Понятие аналитической функции. Разложение функции, аналитической в кольце, в ряд Лорана. Классификация изолированных особых точек. Вычеты. Основная теорема о вычетах и её приложения.

Основные уравнения математической физики. Классификация линейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.

Решение краевых задач для уравнений гиперболического и параболического типов методом Фурье.

Решение задачи Коши для волнового уравнения в одномерном случае.

Перечень профильных вопросов

1. Атомная и ядерная физика

Движение заряженных частиц. Рентгеновские лучи (спектры), их свойства.

Теория атома водорода по Бору. Тонкая структура спектральных линий атома водорода.

Сложные атомы. Волновые свойства частиц. Рассеяние электронов атомами и ионами.

Ядерные силы. Энергия связи ядра. Характеристики ядерных реакций. Сечение и выход ядерной реакции.

Виды ядерных реакций: фотоядерные; под действием заряженных частиц; под действием нейтронов; деления (нейтронами); цепные; термоядерные.

2. Уравнения математической физики

Математические модели физических явлений. Вывод уравнений математической физики, начальные и граничные условия для них.

Классификация линейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.

Понятие о корректно поставленной задаче. Метод Фурье.

Ортогональные системы функций. Ряды Фурье.

Задача Штурма-Лиувилля. Метод Даламбера.

Специальные функции. Преобразования: Лапласа, Фурье, Фурье-Бесселя.

Решение некоторых задач методом интегральных преобразований.

Прямые методы вариационного исчисления.

Понятия о методе конечных разностей, методе конечных элементов, методе интегральных уравнений.

3. Теоретическая физика

Характерные особенности макрокосмических систем.

Понятия теории вероятностей: статистические ансамбли, соотношения между вероятностями, непрерывное распределение вероятностей.

Статистическое описание систем с тепловым взаимодействием: распределение энергии, температура, средняя энергия идеального газа, среднее давление идеального газа.
 Работа, внутренняя энергия и теплота, энтропия.
 Распределение Максвелла для скоростей. Равномерное распределение.
 Удельная теплоемкость твердых тел. Положения статистической термодинамики.
 Элементарная кинетическая теория процессов переноса: вязкость и перенос энергии, самодиффузия и перенос молекул, электропроводность и перенос заряда.
 Квантовая система, состояние поля. Волны де Бройля.
 Волновые уравнения и принцип суперпозиции.
 Принцип неопределенности Гейзенберга, измерения и статистические ансамбли.
 Уравнение Шредингера.
 Гармонический осциллятор.
 Матрицы в квантовой механике.
 Уравнение Паули.
 Теория стационарных возмущений в дискретном спектре.
 Фазовая теория рассеяния в центрально-симметричном поле. Квантование свободного электромагнитного поля.

4. Ядерная энергетика и технологии

Основные понятия: ядерные материалы (ЯМ), радиоактивные вещества (РВ) и радиоактивные отходы (РАО), безопасность и риск. Обзор ядерных топливных циклов.
 Уран-плутониевый и уран-ториевый топливные циклы.
 Основные типы ядерных реакторов. Обращение с топливом ядерных реакторов.
 Современное состояние ядерных технологий. Концепция ядерного топливного цикла.
 Открытый и замкнутый ЯТЦ.
 Основные стадии ЯТЦ. Привлекательность ЯМ на разных стадиях ТЦ.
 Изотопное обогащение урана.
 Технологии изготовления твэлов и ТВС.
 Использование топлива в ядерных реакторах. Технологии переработки облученного ядерного топлива.
 Ресурсы для развития ядерной энергетики. Воспроизводство делящихся материалов.
 Роль плутония для широкомасштабной ядерной энергетики. Вовлечение плутония в ЯТЦ. Нарботка плутония в реакторах.
 Ядерные реакторы на быстрых нейтронах, МОХ-топливо. Ядерная энергетика с реакторами на быстрых нейтронах.
 Торий и его вовлечение в ядерный топливный цикл.
 Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ). Условия обращения с ОЯТ и состав. Стандарт защищенности ОЯТ. Стратегии переработки и хранения. Рецикл урана и плутония.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.1: Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие для вузов. 2012. 522 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2009. 570 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики: учебное пособие в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для вузов. 2012. 360 с.
4. Иродов И.Е. Волновые процессы: основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015. 263 с.

5. Иродов И.Е. Квантовая физика: основные законы. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний. 2014. 256 с.
6. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. 320 с.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.1: Физика атомного ядра. 2009. 383 с.
8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т. 2: Физика ядерных реакций. 2008. 318 с.
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т. 3: Физика элементарных частиц. 2008. 412 с.
10. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2009. 608 с.
11. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: Астрель, АСТ, 2005. 992 с.
12. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: учебник для вузов. Москва: Физматлит, 2009. 307 с.
13. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики: Учеб. пособие для вузов. М.: МГУ; Наука, 2004. 798 с.
14. Шпольский Э. В. Атомная физика – М.; Наука, 1984. Т. 1-2.
15. Климов А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы – М.: Энергоатомиздат, 2002.
16. Смирнов В.И. Курс высшей математики. Т.2; Т.3, ч.2; Т.4. – М.: Наука, 1981
17. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики, - М.: Наука, 1977
18. Гельфанд И.М., Фомин С.В. Вариационные исчисления. - М.: Наука, 1975
19. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.5. Статистическая физика. – М.: Наука, 1964
20. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Квантовая механика. – М.: Наука, 1974
21. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, вып. 8 и 9, Квантовая механика. – М.: Мир, 1966, 1967.
22. Савандер В.И., Увакин М.А. Физическая теория ядерных реакторов, М., МИФИ, 2008.