

«УТВЕРЖДЕНО»

Председатель экзаменационной комиссии
по проведению вступительных испытаний
в аспирантуру НИЦ «Курчатовский институт»
в форме вступительного экзамена
и собеседования по специальной дисциплине
по научной специальности
1.2.2. Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ
д-р физ.-мат. наук

_____ В.А. Ильин

« _____ » _____ 2025 г.

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине в аспирантуре НИЦ «Курчатовский институт» в форме вступительного экзамена по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Общие положения

1.1. Данная программа предназначена для подготовки к вступительным испытаниям в аспирантуру по специальной дисциплине. Программа вступительных испытаний в аспирантуру подготовлена в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (уровень магистратуры или специалитета).

Экзамен проводится с целью выявления у поступающего объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Поступающий должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

1.2. Программой устанавливается:

форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания; шкала оценивания;

максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;

критерии оценки ответов.

1.3. Вступительное испытание проводится на русском языке.

1.4. Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом НИЦ «Курчатовский институт».

1.5. По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

2. Форма, процедура проведения и шкала оценивания вступительного испытания

2.1. Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. Экзамен проходит в устной форме. Подготовка к ответу составляет 1 астрономический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Ответ на билет оценивается от 0 до 10 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов. Билет включает в себя два вопроса: один общий вопрос по компьютерным наукам и информатике, один специализированный вопрос.

Общие вопросы включают вопросы по математическим основам информатики, компьютерным технологиям обработки информации, языкам и системам программирования.

Специализированные вопросы включают в себя вопросы по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В случае проведения экзамена в дистанционном формате вступительное испытание проводится в режиме видеоконференцсвязи.

2.2. Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания по специальной дисциплине, устанавливается равным 4 баллам.

Шкала оценивания

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
9-10	Поступающий уверенно владеет материалом, приводит точные формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, сопровождает их строгими и полными доказательствами, уверенно отвечает на дополнительные вопросы программы вступительного испытания.
6-8	Поступающий владеет материалом, приводит точные формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, сопровождает их доказательствами, в которых допускает отдельные неточности. Отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.
4-5	Поступающий знаком с основным материалом программы, приводит формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, но допускает некоторые неточности, сопровождает их доказательствами, в которых допускает погрешности либо описывает основную схему доказательств без указания деталей. Отвечает на дополнительные вопросы по программе вступительного испытания, допуская отдельные неточности.
0-3	Поступающий не владеет основным материалом программы, не знаком с основными понятиями, не способен приводить формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, не умеет доказывать теоремы и другие утверждения, не знает даже схемы доказательств. Не отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.

Общие вопросы для подготовки к вступительному испытанию

I. Математические основы информатики

1. Основы теории множеств и бинарных отношений. Множества конечные и бесконечные. Операции над множествами. Декартово произведение.

2. Свойства бинарных отношений. Отношения эквивалентности. Частичноупорядоченные бинарные отношения. Экстремальные характеристики упорядоченных множеств.

3. Математическая логика. Основные законы математической логики.

4. Булева алгебра. Логика высказываний. Булевы функции, канонические формы задания булевых функций. Понятие полной системы. Критерий полноты Поста. Минимизация булевых функций в классах нормальных форм.

5. Исчисление предикатов первого порядка. Понятие интерпретации. Выполнимость и общезначимость формулы первого порядка.

6. Отношения и функции. Отношение эквивалентности и разбиения. Фактор множества. Отношения частичного порядка.

7. Основы комбинаторного анализа. Метод производящих функций, метод включений и исключений. Примеры применения.

8. Основы теории графов: определение графа, цепи, циклы, пути, контуры. Матрица смежности графа. Матрица инцидентностей дуг и ребер графов. Способы представления графов. Деревья. Связные и сильно связные графы.

9. Пути Эйлера и циклы. Алгоритм построения циклов Эйлера. Гамильтоновы пути и циклы.

10. Понятие алгоритма и его уточнения: машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Эквивалентность данных формальных моделей алгоритмов.

11. Понятие об алгоритмической неразрешимости. Примеры алгоритмически неразрешимых проблем.

12. Понятие сложности алгоритмов. Классы P и NP. Полиномиальная сводимость задач. Примеры NP-полных задач, подходы к их решению. Точные и приближенные комбинаторные алгоритмы.

13. Примеры эффективных (полиномиальных) алгоритмов: быстрые алгоритмы поиска и сортировки; полиномиальные алгоритмы для задач на графах и сетях (поиск в глубину и ширину, о минимальном остове, о кратчайшем пути, о назначениях).

14. Подходы к проектированию алгоритмов: «разделяй и властвуй», динамическое программирование, жадная стратегия.

15. Аксиоматическое определение теории вероятности. Понятие вероятностного пространства и случайной величины. Проверка статистических гипотез. Анализ статистических взаимосвязей. Основы многомерного статистического анализа.

16. Статистическое описание и примеры случайных временных рядов. Стационарные временные ряды. Чисто разрывные случайные процессы.

17. Классические методы оптимизации, нелинейное программирование. Условная и безусловная оптимизация. Одномерный поиск. Многомерные задачи нелинейного программирования.

18. Динамическое программирование. Потоки в сетях, многокритериальные задачи оптимизации. Транспортная задача.

19. Основы теории конечных полей. Поля Галуа вида $GF(p)$, p - простое число. Поля Галуа вида (2^n) , n - натуральное. Вычисления в конечных полях.

II. Компьютерные технологии обработки информации

1. Основные виды программного обеспечения. Программные продукты и сервисы. Архитектура программных систем.

2. Технологии проектирования программных систем.

3. Принципы разработки человеко-машинного интерфейса.

4. Тестирование программного обеспечения.

5. Модели представления данных, архитектура и основные функции СУБД.

6. Реляционный подход к организации БД. Базисные средства манипулирования реляционными данными. Методы проектирования реляционных баз данных.

7. Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности. Стандартный язык баз данных SQL.

8. Основные сетевые концепции. Глобальные, территориальные и локальные сети. Проблемы стандартизации. Сетевая модель OSI. Модели взаимодействия компьютеров в сети.

9. Принципы функционирования Internet, типовые информационные объекты и ресурсы. Ключевые аспекты WWW-технологии.

10. Адресация в сети Internet. Методы и средства поиска информации в Internet, информационно-поисковые системы.

III. Языки и системы программирования

1. Массивы: одномерные, двумерные, многомерные. Размещение в оперативной памяти, сравнение со связанными списками. Вставка элементов, поиск, удаление (для одномерных массивов), оценка алгоритмической сложности.

2. Списки: линейные, кольцевые, двусвязные. Размещение в оперативной памяти, сравнение с массивами.

3. Очереди, стеки, деки. Операции вставки, поиска, удаления; оценка алгоритмической сложности.

4. Бинарное дерево. Сбалансированное бинарное дерево. Обходы дерева, алгоритм. Прошитые деревья. В-деревья: определение и сравнение с бинарными деревьями.

5. Языки и средства программирования Internet приложений. Язык гипертекстовой разметки HTML.

6. Языки и средства программирования Internet приложений. Язык гипертекстовой разметки HTML. Язык XML. Схема XML-документа.

7. Веб-программирование. Веб-сервисы.

Специализированные вопросы для подготовки к вступительному испытанию

1. Нормальная система ОДУ, задача Коши.

2. Нормальная система линейных ОДУ. Метод вариации постоянных. Линейное дифференциальное уравнение n -го порядка.
3. Структура решения линейной однородной системы ОДУ с постоянными коэффициентами. Линейное дифференциальное уравнение n -го порядка с постоянными коэффициентами.
4. Теоремы существования и единственности решений задачи Коши для системы ОДУ. Понятие о непродолжаемых решениях.
5. Зависимость решения задачи Коши для системы ОДУ от параметров и начальных условий.
6. Приближенные методы решения задачи Коши для ОДУ.
7. Понятие устойчивости решения нормальной системы ОДУ. Устойчивость тривиального решения линейной однородной системы ОДУ с постоянными коэффициентами. Теоремы Ляпунова об устойчивости.
8. Уравнения с частными производными первого порядка, решение задачи Коши для квазилинейного уравнения. Линейное однородное уравнение с частными производными первого порядка и первые интегралы динамических систем.
9. Основные уравнения математической физики. Классификация линейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя и многими независимыми переменными.
10. Постановка краевых задач и задачи Коши для уравнения параболического типа. Корректно и некорректно поставленные задачи.
11. Решение краевых задач для уравнений гиперболического и параболического типов методом Фурье.
12. Основные понятия теории разностных схем. Простейшие разностные операторы. Явные схемы, неявные схемы, двухслойные схемы, трехслойные схемы.
13. Сходимость, аппроксимация. Устойчивость разностной схемы. Условно устойчивые и абсолютно устойчивые схемы.

14. Необходимое условие устойчивости по начальным данным задачи Коши для двухслойных эволюционных разностных схем (признак фон Неймана).

15. Явные и неявные разностные схемы. Решение краевых задач методом прогонки.

16. Методы расщепления и метод переменных направлений.

17. Понятие о нелинейной математической модели. Примеры математических моделей.

18. Простейшие решения уравнения Кортевега — де Вриза. Модифицированное уравнение Кортевега — де Вриза.

19. Нелинейное уравнение Шредингера. Простейшие решения нелинейного уравнения Шредингера в переменных бегущей волны.

20. Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные математические модели.

Список рекомендованной литературы

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988.

2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000.

3. Рыков А.С. Методы системного анализа: Многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки. М.: Экономика, 1999.

4. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002.

5. Базы данных: Уч. для высших и средних специальных заведений / Под ред. А.Д. Хомоненко. СПб.: Корона принт-2000, 2000.

6. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Наука, 2001.

7. Тихомирова А.Н. Теория алгоритмов: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. 176 с.

8. Горбатов В.А. Фундаментальные основы дискретной математики. М.: Наука, 2000.

9. Оптимизация. Алгоритмы и сложность. Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
10. А.П. Карташев, Б.Л. Рождественский. Обыкновенные дифференциальные уравнения и основы вариационного исчисления. М.: Наука, 1986.
11. Л.Э. Эльсгольц. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Книга по Требованию, 2012.
12. Горюнов А.Ф. Методы математической физики в примерах и задачах в 2 т. М.: Физматлит, 2015.
13. Кудряшов Н. А. Методы нелинейной математической физики. М.: Интеллект, 2010.