

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физического материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИФМ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИФМ СО РАН,
к.ф.-м.н.

_____ Б.З. Гармаев
приказ от 04.04.2022 г. №270-5-А

ПРОГРАММА

вступительного экзамена по специальной дисциплине

Шифр и наименование группы научных
специальностей:

**1.2. Компьютерные науки и
информатика**

Шифр и наименование научных
специальностей:

**1.2.2 Математическое моделирование,
численные методы и комплексы
программ**

Улан-Удэ, 2022

1. Общие положения

Вступительное испытание по специальной дисциплине для поступления в аспирантуру состоит из двух частей:

1-ая часть является общей для всех поступающих в пределах одной группы научных специальностей и включает основные проблемы соответствующей области знания, дифференцирована в зависимости от конкретной научной специальности.

2-ая часть – собеседование по предполагаемой теме исследования.

Результаты экзамена оцениваются по пятибалльной шкале.

Пересдача вступительных экзаменов не допускается. Результаты вступительных экзаменов в аспирантуру действительны в течение календарного года

2. Цели вступительных испытаний

Выявление профессионального уровня знаний, приобретённых в процессе получения высшего образования, осознание основных аспектов будущей научной специальности и выявление научного потенциала поступающего.

3. Требования к уровню подготовленности к профессиональной деятельности

Кандидат на поступление в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании (специалитет, магистратура) по выбранной, родственной или профильной специальности.

Поступающий должен иметь подготовку в области организации научно-исследовательской работы, методики проведения и обработки результатов численного эксперимента, знать физико-математические основы специальности.

4. Форма проведения вступительного экзамена

Испытание осуществляется в форме устного изложения ответов на содержащиеся в настоящей программе вопросы (2 вопроса):

- ответ на вопрос по специальности;
- собеседование по предполагаемой теме диссертации.

Продолжительность экзамена - 1 час.

В качестве вступительного экзамена по специальности может быть засчитан кандидатский минимум по соответствующей научной специальности.

При подготовке ответа экзаменуемому разрешается пользоваться справочниками, ГОСТами и другой нормативно-технической литературой.

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:

1. Математическое моделирование

1.1. Основы математического моделирования

Основные принципы математического моделирования. Виды математических моделей. Области применения. Принципы построения математических моделей. Методы исследования математических моделей.

Компьютерное и имитационное моделирование. Методология имитационного моделирования. Область применения. Математический аппарат имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей. Компьютерные среды и языки имитационного моделирования.

1.2. Математический анализ и дифференциальные уравнения

Исследование точек оптимума и перегиба функций одной переменной с помощью производных. Полные системы функций (полиномы и тригонометрические функции). Разложение произвольной функции по полной системе функций; остаточный член.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные уравнения первого и второго порядков, однородные уравнения, классификация стационарных точек.

1.3. Методы оптимизации

Математическое программирование. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа, их интерпретация. Основные понятия выпуклого программирования. Седловые точки. Функция Лагранжа.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Понятия опорного плана и базиса, вырожденность и невырожденность задач ЛП, основные принципы симплекс-метода. Основные теоремы ЛП.

Динамическое программирование.

1.4. Алгебра

Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис. Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности СЛУ. Обратная и псевдообратная матрицы.

Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы и симметричной квадратной матрицы. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения.

Скалярное произведение. Ортогональность.

Билинейные и квадратичные формы.

1.5. Основы теории вероятностей и математической статистики

Случайные величины. Распределение дискретных случайных величин. Характеристики распределений. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства и квантили одномерной, двумерной и n-мерной нормальной случайной величины. Распределения хи-квадрат, Стьюдента, Снедекора – Фишера, логнормальное и равномерное.

Закон больших чисел (в форме Чебышёва) как выражение свойства статистической устойчивости среднего значения. Центральная предельная теорема.

Генеральная совокупность, выборка и ее основные характеристики (среднее значение, дисперсия, асимметрия, квантили, функции распределения и плотности). Понятие статистической гипотезы и статистического критерия. Основные понятия теории статистических оценок и свойства оценок (несмещенность, состоятельность, асимптотическая нормальность, эффективность).

1.6. Дискретный анализ

Комбинаторные методы дискретного анализа. Классические задачи комбинаторного анализа. Разбиения и размещения. Основные комбинаторные тождества. Задачи о кодировании информации.

Элементарная теория множеств. Булева алгебра. Логика высказываний. Методы логического вывода.

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов.

Пути в графе. Связность. Теорема о связанности двух вершин, имеющих нечетную локальную степень. Максимальное число ребер в графе с n вершинами и k связными компонентами. Достаточное условие связности графа с n вершинами. Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Проблема визуализации деревьев.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма. Нахождение кратчайших путей в ориентированном графе.

2. Численные методы

Численные методы линейной алгебры. Вычисление наибольшего по модулю собственного значения матрицы. Прямые и итерационные методы. Способы ускорения сходимости. Градиентные методы. Методы ортогонализации.

Метод конечных разностей и конечных объемов, метод конечных элементов. Аппроксимация, устойчивость и сходимость. Теорема о сходимости. Корректность постановок краевых задач при их численной аппроксимации.

Основные численные алгоритмы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: методы Рунге-Кутты и Адамса.

3. Информатика и основы разработки программного обеспечения

3.1. Алгоритмы и структуры данных

Алгоритмы сортировки, двоичного поиска. Алгоритмы на графах: обход графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева. Двоичные деревья поиска, кучи, хеш-таблицы.

Машина Тьюринга. Тезис Черча. Неразрешимость проблемы останова машины Тьюринга. Анализ сложности алгоритмов. Классы задач P и NP, примеры. Сводимость задач по Карпу и Тьюрингу. NP-полнота. Теорема Кука.

3.2. Программное обеспечение

Основные виды программного обеспечения. Программные продукты и сервисы.

Архитектура программных систем. Технологии проектирования программных систем.

Принципы разработки человеко-машинного интерфейса.

Сетевые технологии.

Базы данных. Основы реляционной алгебры. Функциональные зависимости.

Тестирование программного обеспечения. Современные вычислительные среды.

**Дополнительная программа вступительного экзамена по специальности
05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и программные
комплексы**

1. Основные положения объектно-ориентированного программирования. Построение библиотеки объектов (на примере моделирования фазовых диаграмм).
2. Методы изображения трехмерной графики. Объекты для реализации.
3. Аналитическая геометрия на плоскости в барицентрической системе координат:
 - а) способы задания прямой,
 - б) взаимное расположение точек и прямых,
 - в) классификация кривых второго порядка,
 - г) касательная к кривым второго порядка.
4. Аналитическая геометрия в пространстве в барицентрической системе координат
 - а) способы задания плоскости,
 - б) взаимное расположение точек, прямых и плоскостей,
 - в) классификация поверхностей второго порядка,
 - г) касательная плоскость.
5. Классификация линейчатых поверхностей.
6. Методы решения в задачах на центр тяжести. Свойства центра тяжести.
7. Барицентрическая система координат. Взаимосвязь между декартовой и барицентрической системами координат.
8. Тесты принадлежности точки многоугольнику и многограннику.
9. Преобразования концентрационных координат.
10. Геометрические характеристики диаграмм состав-свойство.
11. Виды аксонометрических проекций.
12. Теория графов. Основные понятия.
13. Симметрия как особый вид геометрической закономерности. Симметрия односторонних и двусторонних розеток.
14. Координатные и бескоординатные системы обозначения симметрии. Симметрия бордюров. Симметрия лент.
15. Симметрия сетчатых орнаментов. Паркетты. Симметрия слоёв. Цветная симметрия.
16. Основные понятия теории узлов. Узлы и косы. Типы зацеплений.
17. Классификация узлов. Преобразования Рейдемейстера.
18. Инварианты узлов и зацеплений.
19. Полином Александера. Полином Конвея. Полином HOMFLY. Полином Джонса.
20. Инварианты Васильева (со значениями в пространстве хордовых диаграмм).
21. Приложения теории узлов.
22. Комбинаторные задачи линейного раскроя и прямоугольной упаковки. Алгоритмы раскроя.

5. Собеседование по предполагаемой теме исследования

Поступающий представляет комиссии проект обоснования предполагаемой темы исследования / направления исследования.

Проект обоснования должен содержать описание проблемной ситуации (т.е. показывать, где проходит граница между знанием и незнанием о предмете исследования), изучением которой планирует заняться поступающий в аспирантуру.

Проект обоснования оформляется на листе формата А4, в редакторе WORD с использованием шрифта Times New Roman 14 размера через 1,5 интервала.

Проект обоснования имеет следующую структуру:

- Наименование темы/направления исследования.
- Актуальность (описание проблемной ситуации).
- Степень изученности (наиболее значимые публикации, имеющие отношение к теме исследования; какие вопросы по проблеме исследования на данный момент раскрыты, а что осталось нераскрытым).

- Предмет, объект исследования (особая проблема, отдельные стороны объекта, его свойства и особенности, которые будут исследованы в работе).

Объем – не более 1 страницы.

Проект обоснования по возможности должен быть согласован с потенциальным научным руководителем (из числа научных работников института), что должно подтверждаться его соответствующей подписью на проекте.

6. Критерии оценивания

Ответ на каждый вопрос оценивается по пятибалльной системе. Итоговая оценка выставляется как среднеарифметическое из оценок ответов на каждый вопрос с округлением до целых.

	Оценка	Баллы
Ответ полный без замечаний, продемонстрировано рабочее знание предмета	«Отлично»	5
Ответ полный, с незначительными замечаниями	«Хорошо»	4
Ответ не полный, существенные замечания	«Удовлетворительно»	3
Ответ на поставленный вопрос не дан	«Неудовлетворительно»	0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко К. И. Основы численного анализа. М.: Наука, 1986.
2. Бахвалов Н. С. Численные методы. М.: Наука, 1973.
3. Берж К. Теория графов и ее применения. М.: ИЛ, 1962.
4. Болтянский В. Г. Оптимальное управление дискретными системами. М.: Наука, 1973.
5. Браун С. Операционная система Unix. М.: Мир, 1986.
6. Брябрин В. М. Программное обеспечение персональных ЭВМ. М.: Наука, 1988.
7. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 1–3. М.: Наука, 1972.
8. Васильев Ф. П. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981.
9. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1980.

10. Векуа И. П. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений и приложения в механике. М.: Наука, 1991.
11. Вентцель Е. С. Исследование операций. М.: Наука, 1972.
12. Воеводин В. В. Математические модели и методы в параллельных процессах. М.: Наука, 1986.
13. Воеводин В. В., Тертышников Е. Е. Вычислительные процессы с теплицевыми матрицами. М.: Наука, 1987.
14. Волков Е. А. Численные методы. М.: Наука, 1982.
15. Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.
16. Гренандер У., Фрайбергер В. Краткий курс вычислительной вероятности и статистики. М.: Наука, 1978.
17. Грибанов В. П., Дробин С., Медведев В. Д. Операционные системы: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 1990.
18. Дейт К. Введение в системы баз данных. М.: Наука, 1980.
19. Дейтел Г. М. Введение в операционные системы: в 2 т. М.: Мир, 1987.
20. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1970.
21. Замулин А. В. Системы программирования баз данных и знаний. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990.
22. Калиниченко Л. А., Рыбкин В. М. Машины баз данных и знаний. М.: Наука, 1990.
23. Калиткин Н. П. Численные методы. М.: Наука, 1978.
24. Камке Э. Справочник по дифференциальным уравнениям в частных производных. М.: Наука, 1966.
25. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1971.
26. Карташов А. П., Рождественский Б. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения и основы вариационного исчисления. М.: Наука, 1986.
27. Керниган Б. В., Ритчи Д. М. Язык программирования СИ. М.: Финансы и статистика, 1992.
28. Кнут Д. Э. Искусство программирования: в 2 т. Т. 1: Основные алгоритмы; Т. 2: Получисленные алгоритмы. М.: Вильямс, 2000.
29. Хансен Г., Хансен Дж. Базы данных: разработка и управление. М.: Бином, 1999.

Дополнительная литература

Компьютерное конструирование материалов

1. Люпис К. Химическая термодинамика материалов. М.: Металлургия. 1986. 503 с.
2. Расчет фазовых равновесий в многокомпонентных системах (под. ред. В.Н. Романенко). М.: Металлургия. 1987. 136 с.
3. Палатник Л.С., Ландау А.И. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Харьков: изд-во Харьковского гос. ун-та. 1961. 405 с.
4. Перельман Ф. М. Изображение химических систем с любым числом компонентов. - М. : Наука, 1965. - 100 с.
5. Гуриев Т.С. Триметрические проекции. М.: Недра. 1992. 224 с.
6. Кауфман Л., Бернштейн Х. Расчет диаграмм состояния с помощью ЭВМ. М.: Мир. 1972. 326 с.

7. Луцык В.И. Анализ поверхности ликвидуса тройных систем. М.: Наука, 1987. 150 с.
8. Луцык В.И., Воробьева В.П., Сумкина О.Г. Моделирование фазовых диаграмм четверных систем. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. 198 с.
9. Аносов В.С., Озерова М.И., Фиалков Ю.С. Основы физико-химического анализа. М.: Наука, 1976. 504 с.
10. Райнз Ф. Диаграммы фазового равновесия в металлургии. М.: гос. научно-технич. изд-во лит-ры по черной и цв. металлургии, 1960. 369 с.
11. Петров Д.А. Двойные и тройные системы. М.: Металлургия, 1986. 256 с.
12. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем.. М.: Металлургия. 1990. 240 с.
13. Петров Д.А. Четверные системы. Новый подход к построению и анализу. М.: Металлургия, 1991. 283 с.
14. Эгрон Ж. Синтез изображений. Базовые алгоритмы. М.: Радио и связь. 1993. 216 с.
15. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М.: Машиностроение, 1983. 240 с.
16. Жариков В.А. Основы физической геохимии. М.: Изд-во МГУ, 2005. 654 с.
17. Малахов А.И. Теоретические основы многомерной геометрии и их приложения. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1990 -111с.
18. Зыков А.А. Теория конечных графов. Новосибирск, 1969.
19. Оре О. Теория графов. 2-е изд. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980, 336 с.