



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
(СГУ)**

Программа

**вступительного испытания в магистратуру на направление подготовки
12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»
(«Аппаратные и программные средства биомедицины»)**

Саратов – 2023

Пояснительная записка

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению магистерской программы «Аппаратные и программные средства биомедицины» направления 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии», реализуемой в институте физики. В ходе вступительного испытания оцениваются обобщенные знания и умения по дисциплинам указанного направления; выявляется степень сформированности компетенций, значимых для успешного освоения соответствующей магистерской программы.

Вступительное испытание проводится в форме собеседования.

Содержание программы

Часть I. Компьютер и цифровые устройства в биомедицинской инженерии

Раздел 1.1. Численные методы

1. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Преобразования Фурье эталонных сигналов. Вычислительная сложность дискретного преобразования Фурье.
2. Вычисление спектра мощности. Разделение сигналов в частотной области.
3. Понятие численного решения алгебраического уравнения. Преимущества и ограничения численных методов. Метод половинного деления. Метод Ньютона.
4. Решение систем линейных уравнений. Постановка задачи в матричном виде. Метод последовательного исключения неизвестных (Гаусса). Алгоритм преобразования матрицы к треугольному виду. Расчёт неизвестных по треугольной матрице.
5. Постановка задачи численного дифференцирования. Дифференцирование в простейшем случае. Дифференцирование со сглаживанием прямою.
6. Численное интегрирование: взятие определённого интеграла, аппроксимация интеграла суммой. Методы первого порядка точности: метод прямоугольников и метод трапеций.
7. Численное решение дифференциальных уравнений. Метод Эйлера.

Раздел 1.2. Цифровые устройства

1. Позиционные системы счисления. Понятие базиса и основания системы счисления. Двоичная и десятичная системы счисления. Перевод чисел из двоичной системы счисления в десятичную и обратно.
2. Понятие дополнительного кода числа. Перевод чисел в дополнительный код. Представление целых чисел в компьютере.

Различные форматы целых чисел.

3. Логические функции. Построение логических функций по таблице истинности. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма и совершенная конъюнктивная нормальная форма представления логических функций.
4. Простейшие логические элементы. Построение логической схемы в базисе И-НЕ, ИЛИ-НЕ.

Раздел 1.3. Микропроцессорная техника

1. Шины микропроцессорной системы. Циклы обмена информацией: Циклы программного обмена. Циклы обмена по прерываниям. Циклы обмена в режиме ПДП.
2. Функции устройств магистрали. Функции процессора. Функции памяти. Функции устройств ввода/вывода.
3. Архитектура микропроцессорных систем. Основные особенности микроконтроллеров серии PIC. Структурная схема МК подгруппы PIC16F8X.

Часть II. Теоретические основы биомедицины

Раздел 2.1. Моделирование биологических процессов и систем

1. Динамический (детерминистический) и вероятностный (стохастический) подходы к описанию процессов и явлений. Линейность и нелинейность функций, уравнений, процессов и явлений. Динамическая система.
2. Фазовая плоскость, фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Размерности системы и движения (образа в фазовом пространстве).
3. Динамические системы с дискретным временем: отображения, диаграмма Ламерея. Динамические системы с непрерывным временем: обыкновенные дифференциальные уравнения, поле скоростей.
4. Консервативные и диссипативные системы. Устойчивость и неустойчивость; переходные процессы и установившиеся движения. Аттракторы, бассейны притяжения аттракторов.
5. Колебания собственные и вынужденные; осцилляторные модели. Явление резонанса. Параметрическое возбуждение колебаний.
6. Автоколебания, осциллятор Ван-дер-Поля. Ансамбли осцилляторов (два связанных осциллятора, переход к непрерывной среде).
7. Волны. Гармонические волны, дисперсия. Фазовая и групповая скорость.
8. Нелинейные колебательные явления (феномены): высшие и субгармоники, би- и мультистабильность, динамический хаос.
9. Нелинейные волны, модель простой волны, солитоны, ударная волна.

10. Математическая биология, ее истоки; специфика математического моделирования живых систем. Модели неограниченного роста, экспоненциальный рост, автокатализ. Ограниченный рост, уравнение Ферхюльста; ограничение по субстрату; модели Моно и Михаэлиса-Ментен.
11. Базовая модель взаимодействия видов; конкуренция, отбор. Модели Лотки и Вольтера и их модификации. «Биологические часы» (автоколебательные модели). Модель проточной культуры микроорганизмов.
12. Пространственно-временная самоорганизация биологических систем. Диффузия, модель Пискунова-Колмогорова-Пискунова (распространения доминирующего вида). Модели типа реакция-диффузия, брасселятор. Образование пространственных структур в моделях морфогенеза, раскраска шкур животных.
13. Теория нервной проводимости. Уравнения Ходжкина-Хаксли. Модель Фитцхью-Нагумо.

Раздел 2.2. Биотехнология и биомедицинская нанотехнология

1. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом.
2. Колебательные методики атомно-силовой микроскопии. Вынужденные колебания кантилеверов. Бесконтактный режим колебаний кантилеверов. «Полуконтактный» режим колебаний кантилеверов.
3. Ближнеполевая оптическая микроскопия. Зонды на основе оптического волокна. Метод контроля расстояния зонд-поверхность в ближнеполевом оптическом микроскопе. Конфигурация ближнеполевого оптического микроскопа.
4. Биотехнология. Основные понятия, объекты, методы. Генная инженерия в биомедицинской технологии. Строение и структура ДНК. Физико-химические свойства ДНК.

Часть III. Обработка биомедицинских сигналов и данных

Раздел 3.1. Аппроксимация и интерполяция зависимостей, предварительная обработка

1. Понятия аппроксимации, интерполяции и экстраполяции. Аппроксимация точек кривою. Интерполяция функцией на отрезке. Аппроксимация зависимостей при наличии шумов измерений.
2. Разложение аппроксимирующей функции на базисные. Наиболее распространённые базисы: полиномиальный, тригонометрический. Критерии близости экспериментальных данных и аппроксимирующей функции. Метод наименьших квадратов. Сведение задачи подгонки полинома методом наименьших

квадратов к решению системы линейных уравнений.

3. Устранение трендов. Метод разностного сигнала. Метод исключения скользящего среднего. Сезонность и устранение сезонных компонент.

Раздел 3.2. Построение вектора состояния. Статистическое моделирование

1. Увеличение числа модельных переменных – методы восстановления вектора состояний по скалярному временному ряду. Оценка оптимальной размерности вложения – метод ложных соседей.
2. Статистические модели экспериментальных сигналов: модель шума, пропущенного через линейный фильтр. Модель скользящего взвешенного среднего (AR) и модель авторегрессии (MA).
3. Критерии подгонки параметров. Метод наименьших квадратов. Реализация метода наименьших квадратов для восстановления авторегрессионной модели (многомерного линейного отображения).
4. Оценка адекватности построенной модели. Качественные критерии адекватности. Ошибка аппроксимации по тренировочному и тестовому рядам. Дальность прогноза с фиксированной точностью.

Раздел 3.3. Статистический анализ и проверка гипотез

1. Выборка как результат измерения. Оценка математического ожидания и дисперсии по выборке: эмпирическое среднее и эмпирическая дисперсия, способ расчёта. Поведение эмпирического среднего и эмпирической дисперсии при увеличении длины выборки.
2. Оценка вероятности наступления случайного события по выборке. Статистические свойства оценки: её математическое ожидание и дисперсия. Оценка распределения по выборке. Построение гистограммы.
3. Понятие и смысл доверительного интервала для оценки. Доверительные интервалы в дискретном случае (биномиальное распределение оценки).
4. Доверительные интервалы при большой длине выборки – непрерывный случай. Распространённые значения доверительной вероятности и ограничения на её величину.

Часть IV. Биомедицинская инженерия (приборы, устройства и процессы в них, методики использования медицинского, диагностического и исследовательского оборудования)

Раздел 4.1. Электротехника

1. Электрические и магнитные цепи, активные и пассивные элементы. Источники ЭДС и источники тока, условия согласования с нагрузкой.

2. Эквивалентные представления элементов электрических цепей (эквивалентные схемы).
3. Законы электрических цепей, узловые и контурные уравнения. Преобразование звезды в треугольник и обратно.
4. Параметры синусоидальных токов и напряжений. Мгновенная мощность в цепи синусоидального тока. Активная, реактивная и полная мощности.
5. Резонанс в цепях с различными соединениями R,L,C. Практическое значение явления резонанса в электрических цепях.
6. Частотные характеристики цепей. Трёхфазные цепи.

Раздел 4.2. Аналоговая схемотехника

1. Четырехполюсники, система h – параметров. Эквивалентная схема и h – параметры биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером. Эквивалентная схема и h – параметры биполярного транзистора в схеме с общей базой, характеристики.
2. Пассивные RC- и LRC-цепи. Фильтр нижних частот. Фильтр верхних частот. Компенсированный делитель напряжения. Пассивный полосовой RC-фильтр. Мост Вина-Робинсона. Двойной T-образный фильтр.

Раздел 4.3. Цифровая схемотехника

1. Функциональные узлы комбинационного типа. Двоичные дешифраторы. Приоритетные и двоичные шифраторы. Мультиплексоры. Компараторы кодов. Каскадирование компараторов.
2. Функциональные узлы последовательного типа (автоматы с памятью). Классификация триггеров. Логическое функционирование триггеров.
3. Счетчики. Асинхронные счетчики. Делители частоты на счетчиках. Синхронные счетчики с асинхронным переносом. Увеличение разрядности.
4. ЦАП и АЦП. Микросхемы ЦАП и АЦП. Схемы построения АЦП с параллельным интерфейсом ввода/вывода. АЦП последовательного приближения. АЦП с промежуточным преобразованием.
5. Запоминающие устройства. Основные типы ЗУ. Микросхемы памяти. Типы информационных выводов. ПЗУ как универсальная комбинационная микросхема.

Раздел 4.4. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы

1. Лабораторная диагностика. Аппараты для биохимического анализа. Аппараты для гематологического анализа. Аппараты для гемостаза (коагулометрия). Аппараты для иммуноферментного анализа (ИФА).
2. Электрокардиография. Биоэлектрические основы электрокардиографии. Мембранная теория возникновения биопотенциалов. Основные функции сердца. Функции автоматизма, проводимости, возбудимости, рефрактерности. Формирование нормальной ЭКГ.
3. Респираторный мониторинг. Принципы мониторинга функции внешнего дыхания. Диагностические показатели газообмена и газов крови. Мониторинг степени насыщения гемоглобина крови кислородом: спектрофотометрическая оксиметрия, пульсовая оксиметрия.

Раздел 4.5. Биомедицинские датчики и сенсоры

1. Понятие сенсора (датчика). Основные характеристики сенсоров. Классификация сенсоров по принципу действия (физические, химические, биосенсоры). Требования к современным датчикам.
2. Химиосенсорика и биосенсорика. Химические сенсоры и биосенсоры. Основные сведения. Функциональная схема химических (био-)сенсоров. Основные типы физических преобразователей (трансдюсеров). Распознающие элементы. Аналитические характеристики. Области применения.
3. Электрохимические сенсоры и биосенсоры. Основные типы. Потенциометрические газовые сенсоры и биосенсоры.
4. Амперометрические сенсоры.
5. Кондуктометрические сенсоры и биосенсоры. Сенсоры и биосенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.
6. Оптические хемо- и биосенсоры. Конструкции, типы. Применение эффектов поглощения света и флуоресценции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

А) основная литература

1. Основы нанотехнологии в технике: учеб. пособие для студентов вузов / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. — М. : Изд. центр "Академия", 2009. — 236, [4] с.
2. Механика материалов и структур нано- и микротехники: учеб. пособие для студентов вузов / О. П. Кормилицын, Ю. А. Шукейло. — М.: Изд. центр "Академия", 2008. — 215, [9] с.
3. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учеб. пособие / Г. И. Атабеков. — 6-е изд., стер. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. — 591, [1] с.
4. Детали машин: учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под ред. Н. В. Гулиа. — 2-е изд., испр. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. — 414, [2] с.

5. Решение задач по сопротивлению материалов / Э. А. Буланов. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. — 213, [3] с.
6. Методы пробоотбора и пробоподготовки / Ю. А. Карпов, А. П. Савостин. — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. — 243, [5] с.
7. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учеб. пособие : в 2 т. / под общ. ред. Ю. А. Чаплыгина. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. — (Электроника).
8. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: [в 2 ч.]. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010.
9. Наноэлектроника: учеб. пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. — 223, [1] с.
10. Механизм творчества решения нестандартных задач. Руководство для тех, кто хочет научиться решать нестандартные задачи: учеб. пособие / В. В. Дрозина, В. Л. Дильман. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. — 255, [1] с.
11. Архитектура ЭВМ и систем: учеб. для вузов / В. Л. Бройдо, О. П. Ильина. — 2-е изд. — М.; СПб. [и др.]: Питер, 2009. — 720 с.
12. Основы микросхемотехники / А. Г. Алексенко. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. — 448 с.
13. Численные методы: курс лекций / В. А. Срочко. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. — 202, [6] с.
14. Численные методы: учеб. пособие / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер; под ред. М. П. Лапчика. — 5-е изд., стер. — М.: Академия, 2009. — 383, [1] с.
15. Численные методы: учеб. пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. — 6-е изд. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. — 636, [4] с.: рис.
16. Прикладная статистика: учеб. пособие / И. А. Палий. — М.: Дашков и К^о: Наука спектр, 2010. — 222, [2] с.
17. Наглядная математическая статистика: учеб. пособие / М. Б. Лагутин. — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2007. — 472 с.
18. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, Е. А. Чеснокова, Е. А. Рудченко. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. — 260 с. (Лицензия GNU FDL, в свободном доступе по адресу: <http://www.altlinux.org/Books:Scilab>)
19. Практикум по алгоритмизации и программированию на Python / И. А. Хахаев. — М.: AltLinux, 2010. — 126 с. (Лицензия GNU FDL, в свободном доступе по адресу: <http://www.altlinux.org/Books:PythonSchool>)
20. Free Pascal и Lazarus: Учебник по программированию / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова, Т.В. Кучер. — М.: AltLinux, 2010. — 438 с. (Лицензия GNU FDL, в свободном доступе по адресу: <http://www.altlinux.org/Books:FreePascal>)
21. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А. Б. Сергиенко. — 2-е изд. — М.; СПб. [и др.]: Питер, 2007. — 750, [2] с.

22. Основы теоретической электротехники: учеб. пособие / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Э. П. Чернышев, А. Н. Белянин. — 2-е изд., стер. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. — 592 с.
23. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов: учебник / А. Оппенгейм, Р. Шафер; пер. с англ. С. А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. — 2-е изд., испр. — М.: Техносфера, 2009. — 855, [1] с.
24. Биологическая химия: учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. — 3-е изд., стер. — М.: Медицина, 2008. — 703, [1] с.
25. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учеб. пособие / Л. В. Коваленко. — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. — 228, [4] с.: рис.
26. Основы физики и биофизики: учеб. пособие / А. И. Журавлёв [и др.] ; под ред. А. И. Журавлёва. — 2-е изд., испр. — М.: Мир : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. — 383, [1] с.
27. Новейшие датчики: [учеб.-моногр.] / Р. Г. Джексон; пер. с англ. под ред. В. В. Лучинина. — М.: Техносфера, 2007. — 380, [4] с.: рис., табл.

Б) дополнительная литература

1. Вычислительная математика: учеб. пособие для студентов вузов / Е. Н. Жидков. — М.: Изд. центр «Академия», 2010. — 199, [9] с.
2. Экономическая информатика: учеб. пособие / под ред. Д. В. Чистова. — М.: КНОРУС, 2009. — 511, [1] с.
3. Численные методы решения обратных задач с идентификацией параметров: учеб. пособие для студентов мех.-мат. фак., обучающихся по специальности «Прикладная математика и информатика» / Ю. П. Васильев; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. — Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2009. — 33, [3] с.
4. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей / Л. Л. Хенч, Дж. Р. Джонс; пер. с англ. Ю. Л. Цвирко под ред. А. А. Лушниковой. — М.: Техносфера, 2007. — 303, [1] с.: рис., табл. (1).
5. Методы анализа временных рядов: учеб. пособие / Н. А. Хованова, И. А. Хованов. — Саратов: Изд-во ГосУНЦ "Колледж", 2001. — 119, [1] с.
6. Биологическая химия: учеб. пособие для студентов вузов / под ред. Н. И. Ковалевской. — 3-е изд., испр. — М.: Изд. центр "Академия", 2009. — 254, [2] с.: рис.
7. Теоретические и прикладные аспекты экологии и биологии: межвуз. сб. ст. / Рос. гос. ун-т им. Иммануила Канта; редкол.: В. П. Дедков (отв. ред.) [и др.]. — Калининград: Изд-во Рос. гос. ун-та им. И. Канта, 2008. — 144, [1] с.
8. Биофизика = Biophysics: учеб. пособие / М. В. Волькенштейн. — 3-е изд., стер. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. — 594, [14] с.
9. Учебник по медицинской и биологической физике: учеб. для вузов / А. Н. Ремизов, А. Г. Максина, А. Я. Потапенко. — 8-е изд., стер. — М.: Дрофа, 2008. — 558, [2] с.
10. Ультразвук в медицине. Физические основы применения = hysical Principles of Medical Ultrasonics / под ред. К. Хилла, Дж. Бэмбера, Г. тер

Хаар ; пер. с англ. под ред. Л. Р. Гаврилова, В. А. Хохловой, О. А. Сапожникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 539, [3] с.: ил.

Программа утверждена Ученым советом института физики и согласована с Отделом по организации приема на основные образовательные программы СГУ

Начальник отдела по организации приема
на основные образовательные программы,
ответственный секретарь Центральной
приемной комиссии СГУ

 С.С. Хмелев