

Федеральное агентство по образованию
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

кафедра радиофизики
и нелинейной динамики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Введение в нейродинамику**
для специальности 014200 – биохимическая физика
реализуемой на физическом факультете

Саратов 2006 год

Рабочая программа
составлена в соответствии
с Государственным стандартом
высшего профессионального образования
по специальности 014200 – БИОХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
(номер государственной регистрации 272 ен/сп от 27.03.2000 г.)

<p style="text-align: center;">ОДОБРЕНО:</p> <p>Председатель учебно-методической комиссии физического факультета, профессор _____ В.Л.Дербов _____ 2006 г.</p>	<p style="text-align: center;">УТВЕРЖДАЮ:</p> <p>Проректор по учебной работе, профессор _____ Е.М. Первушов _____ 2006 г.</p>
---	--

СОГЛАСОВАНО:

Декан физического факультета,
профессор _____

Д.А.Зимняков

Заведующий кафедрой радиофизики и
нелинейной динамики
физического факультета _____

В.С.Анищенко

Вид учебной работы	Бюджет времени по формам обучения, час				
	очная		очно-заочная	заочная	
	полная программа	ускоренные сроки		полная программа	ускоренные сроки
Аудиторные занятия, всего	51				
в том числе: - лекции -	17				
лабораторные (практические) -	34				
семинарские	-				
Самостоятельная работа студентов	2				
Зачеты, +/-	-				
Экзамены, +/-	+				
Контрольные работы, количество	-				
Курсовая работа, +/-	-				

Автор: профессор кафедры радиофизики и
нелинейной динамики, д.ф.-м.н

Д.Э. Постнов

1. Организационно-методическое сопровождение.

Курс «Введение в нейродинамику» читается студентам дневного отделения физического факультета, обучающимся по специальности 014200 "Биохимическая физика". Курс читается в течение 6 семестра и включает 17 часов лекций и 34 часа практических занятий. Целью курса является ознакомление студентов с методами и особенностями математического описания электрической активности нервных клеток. Предполагается, что студенты имеют начальные знания по математическому моделированию (курс «Введение в моделирование биосистем», 2 семестр). В рамках курса в небольшом объеме излагаются некоторые сведения по нейрофизиологии, основной же акцент сделан на приемы описания ионных токов нейрона и свойства получающихся математических моделей.

2. Тематический план учебной дисциплины.

№ п/п	Наименование раздела, подраздела, темы лекции	Бюджет учебного времени					Форма текущего и итогового контроля
		Всего	в том числе				
			лекции	лабораторные и практические	семинарские занятия	самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Очная полная программа							
1.	Тема 1.	4	4	-	-		
1.1	Вводные		2	-	-		
1.2	замечания		1	-	-		
1.3			1	-	-		
2.	Тема 2.	29	9	20	-		
2.1	Моделирование		2	4	-		
2.2	динамики		2	4	-		
2.3	одиночного		2	6	-		
2.4	нейрона		2	6	-		
2.5			1	-	-		
3.	Тема 3.	18	4	14	-		
3.1	Модели ансамблей		2	10	-		
3.2	нейронов		2	4	-		
	Итого	53	17	34	-	2	экзамен

3. Содержание учебной дисциплины.

Тема 1. Вводные замечания.

Раздел 1.1 Общие сведения из нейрофизиологии.

Устройство нейронов: дендриты, сома, аксон, синапс.

Шкала размеров и многообразие форм нейронов. Природа электрической активности нервных клеток: внутриклеточные и внеклеточные концентрации ионов. Понятие об ионных каналах. Поляризация, деполяризация и гиперполяризация мембраны. Равновесный потенциал, потенциал действия, рефрактерность. Распространение потенциала действия вдоль аксона. Основные этапы передачи возбуждения через синапс. Возбуждающие и тормозящие постсинаптические потенциалы.

Раздел 1.2 Феноменологическая модель нейрона .

Описание постсинаптических потенциалов и потенциала действия в виде стандартных временных зависимостей. Уравнения модели SRM. Формальное представление одиночного импульса. Формальное представление спайк-последовательности.

Ограничения модели: невозможность представления адаптации, спайк-берст режимов, инверсии торможения.

Раздел 1.3 Проблемы нейронного кодирования.

Частотное кодирование. Частота как средний интервал между спайками. Частота как активность популяции нейронов. Кодирование одиночными импульсами. Время до первого спайка. Фаза спайка, корреляция и синхронность. Реконструкция стимула и обратная корреляция.

Тема 2. Моделирование динамики одиночного нейрона.

Раздел 2.1 Модель нейрона Ходжкина-Хаксли.

Поддержание равновесного потенциала клетки. Основные ионные токи. Экспериментальные методики по определению характеристик ионных токов. Эквивалентная электрическая схема нейрона. Уравнения модели Ходжкина-Хаксли. Особенности нелинейных функций, управляющих активацией и деактивацией каналов. Последовательность «срабатывания» нелинейностей модели при генерации потенциала действия. Другие примеры динамики модели.

Раздел 2.2 Методы качественного анализа динамики моделей нейронов на фазовой плоскости.

Фазовая плоскость, состояния равновесия, предельные циклы, понятие о быстро-медленных движениях. Метод нульклин.

Анализ модели Ходжкина-Хаксли путем редукции до двумерных систем уравнений: плоскость быстрых переменных, плоскость быстрой и медленной переменных.

Раздел 2.3 Двумерные модели нейронов.

Модель Мориса-Лекара и ее динамика. Двумерный вариант модели Хиндмарш-Розе и ее динамика. Модель Фитс-Хью-Нагумо как обобщенная модель класса и ее соотношение с базовыми моделями автоколебательных систем. Переход между возбуждимым и пейсмейкерным режимами.

Раздел 2.4 Моделирование пачечной активности одиночного нейрона.

Характеристики пачечной активности нейронов. Механизм возникновения спайк-берст колебаний на примере редуцированной модели нейрона с кальциевым током. Анализ смещения рабочей точки на плоскости быстрой и медленной переменных. Спайк-берст колебания в четырехмерной модели.

Моделирование активности нейрона - терморецептора: уравнения модели Хубера-Брауна. Детерминированная динамика модели в зависимости от параметра температуры. Закономерность и механизм переходов между шаблонами генерации.

Раздел 2.5. Формализованные нейронные модели.

Модель накопление-сброс. Модель спайкового отклика (SRM). От детальных моделей к формальным спайкинг-нейронам. Мультифункциональная модель «накопление-сброс». Кодирование с помощью спайков.

Тема 3. Модели ансамблей нейронов.

Раздел 3.1 Моделирование синаптической передачи.

Одномерная модель пороговой активации. Возбуждающие и тормозящие химические синапсы. Электрические синапсы. Структура и работа синаптических связей на примере модели Ermentrout-Kopell.

Раздел 3.2 Геометрия связей в ансамблях нейронов и моделирование больших популяций .

Типы связи: локальная, глобальная. Уравнения популяций. Уравнения плотности. Интегральные уравнения для динамики популяций нейронов. Асинхронный режим. Взаимодействие популяций и пространственные модели.

4. Перечень основной и дополнительной литературы:

1. Фундаментальная и клиническая физиология: Учебник для студ. высш. учебн. заведений / Под ред. А. Г. Камкина и А. А. Каменского. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 1072 с.
2. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу: Ритмы жизни: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 248 с., ил.
3. Understanding Nonlinear Dynamics: Daniel Kaplan, Leon Glass. - Springer-Verlag New York, Inc. 1995.
4. Mathematical Physiology. James Keener, James Sneyd. - Springer-Verlag New York, Inc. 1998.
5. Физиология человека: В 3-х томах. Пер. с англ./ Под ред. Р.Шмидта и Г. Тевса.- М.: Мир, 1996.- 323с., ил.
6. А. Пиковский, М. Розенблюм, Ю. Куртс. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. Москва: Техносфера, 2003. - 496с.
7. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Нейман А.Б., Стрелкова Г.И., Шиманский-Гайер Л. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 544 стр.
8. Biological Psychology: Mark R. Rosenzweig, Arnold L. Leiman, S. Marc Breedlove. Sinauer Associates, Publishers, Sunderland, Massachusetts, 1996.
9. А.Б. Рубин. Биофизика. В 2-х кн. - М.: Высш.шк., 1987.
10. А.Б. Рубин. Лекции по биофизике. - М.: Изд-во МГУ, 1994. - 160 с.

5. Перечень средств обучения.

1. Мультимедиа-проектор с компьютером.
2. Компьютерный класс для проведения практических занятий.

6. Вопросы к курсу.

1. Опишите устройство нейрона и функции его частей.
2. Объясните природу электрической активности нервных клеток.
3. Объясните смысл терминов - равновесный потенциал, потенциал действия, рефрактерность.
4. Что такое возбуждающий и тормозящий постсинаптический потенциалы, как они возникают.
5. Запишите соотношения, формирующие феноменологическую модель нейрона. Охарактеризуйте ограничения такой модели.
6. Как осуществляется нейронное кодирование. Охарактеризуйте разные подходы к определению средней частоты.
7. Какие основные ионные токи учтены в модели Ходжина-Хаксли.
8. Какая экспериментальная методика использовалась для раздельного измерения ионных токов в работах Ходжкина и Хаксли.
9. Нарисуйте эквивалентную электрическую схему нейрона и объясните смысл составляющих ее элементов.
10. Опишите метод нульклин и его использование для качественного анализа динамики осцилляторов на фазовой плоскости.
11. Охарактеризуйте известные вам двумерные модели нейронов.
12. Объясните возможные механизмы возникновения пачечной активности нейрона.
13. Как моделируется работа синапса уравнением пороговой активации.