

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

кафедра радиофизики
и нелинейной динамики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Современные проблемы биофизики**

для специальности 014200 – биофизика

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	36				
в том числе: - лекции - лабораторные (практические) - семинарские	36 - -				
Самостоятельная работа студентов	8				
Зачеты, +/-	+				
Экзамены, +/-	-				
Контрольные работы, количество	-				
Курсовая работа, + /-	=				

Заведующий кафедрой радиофизики и
нелинейной динамики, профессор

В.С. Анищенко

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

Д.Э. Постнов

1. Организационно-методическое сопровождение.

Курс "Современные проблемы биофизики" читается студентам дневного отделения физического факультета, обучающимся по специальности 014200 "Биохимическая физика". Курс читается в течение 9 семестра и включает 36 час. лекций. Главное назначение курса – дать студентам представление о современном уровне задач, решаемых в различных областях биофизики. Объединяет эти задачи подход к их решению: построение детальной математической модели, переход к обобщенной форме и применение аппарата нелинейной динамики для глубокого анализа процессов и механизмов нелинейных эффектов.

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							
	Вводные замечания к курсу	2	2				
1.	Тема 1.	12	10			2	
1.1	Многомерные	2	2				
1.2	модели динамики	5	4			1	
1.3	популяций и хаос высших порядков	5	4			1	
2.	Тема 2.	8	6			2	
2.1	Синхронизация	4	3			1	
2.2	колебаний в сложных системах.	4	3			1	
3.	Тема 3.	12	10			2	
3.1	Дополнительные	5	4			1	
3.2	разделы	1	1				
3.3	нейродинамики.	3	2			1	
3.4		1	1				
3.5		2	2				
4.	Тема 4.	10	8			2	
4.1	Нейро-глиальные	1	1				
4.2	взаимодействия.	4	3			1	
4.3		3	2			1	
4.4		2	2				
	Итого	44	36			8	зачет

3. Содержание учебной дисциплины.

Вводные замечания к курсу.

Проблема адекватного моделирования процессов в живой природе. Детерминированные и стохастические модели. Взаимовлияние биофизики и нелинейной динамики.

Тема 1. Многомерные модели динамики популяций и хаос высших порядков.

Раздел 1.1. Общий алгоритм моделирования.

Принципы построения моделей типа хищник-жертва. Ограниченность простейшей модели Лотка-Вольтерра. Пути усовершенствования моделей. Вертикальные и горизонтальные связи, конкуренция и кооперация. Динамика экосистем: тенденция к стабильности или развитие гиперхаоса?

Раздел 1.2. Системы с распределением ресурса.

Обобщенный подход к моделированию одномерного массива систем, связанных через поток потребляемого ресурса. Обобщенный осциллятор с N-характеристикой, его основные режимы. Механизм формирования осцилляторного кластера в цепочке обобщенных моделей.

Нелинейно-динамическое описание возбуждения/гашения колебаний в элементе массива. Бифуркация Андронова -Хопфа в фазовом подпространстве, соответствующем индивидуальной модели. Связь размера осцилляторного кластера и размерности неустойчивого многообразия состояния равновесия.

Частотная структура кластера в сопоставлении с характеристиками индивидуального осциллятора. Понятие об индуцированной связью неоднородности режимов. Эволюция размеров и частотной структуры кластера при увеличении силы связи элементов.

Раздел 1.3. Хаотическая иерархия в системе с глобальной связью.

Переход к модели с дискретным временем. Траектория режимов трехмерного отображения в терминах трехчастотного движения. Бифуркационный сценарий перехода к объединенному гиперхаотическому аттрактору. Роль последовательных кризисов в формировании набора разноориентированных хаотических седел.

Тема 2. Синхронизация колебаний в сложных системах.

Раздел 2.1 Взаимодействие неизохронных осцилляторов.

Бифуркационная диаграмма на плоскости параметров расстройка-частота и соответствующие изменения в структуре двумерного тора. Механизм неустойчивости синфазного режима в связанных неизохронных осцилляторах. Локальная неоднородность фазовой скорости в окрестности предельного цикла. Формирование медленных каналов при увеличении степени релаксационности колебаний. Понятие вектора диффузионной связи.

Раздел 2.2. Фазовая мультистабильность.

Причины и механизмы формирования набора сосуществующих синхронных состояний во взаимодействующих осцилляторах со сложной формой колебаний. Фазовая мультистабильность в системах с удвоениями периода и в режиме резонансной автомодуляции.

Структура вложенных и перекрывающихся языков Арнольда. Сосуществующие синхронные состояния в модели парных нефронов. Проблема синхронизации в режиме пачечной активности. Результаты по связанным нейронам и моделям бета-клеток. Построение модельного отображения.

Тема 3. Дополнительные разделы нейродинамики.

Раздел 3.1 Пути детализации модели одиночного нейрона.

Разнообразие ионных каналов. Натриевые каналы. Калиевые каналы. Модель с низкой частотой генерации. Модель неокортикального интернейрона. Кальциевый ток с низким порогом активации. Пример: инверсия после подавления. Кальциевый ток с высоким

порогом активации и активируемый кальцием калиевый ток. Пример: адаптация.

Раздел 3.2 Моделирование пространственной структуры нейрона.

Дерево дендритов. Модели, содержащие несколько функциональных частей.

Раздел 3.3 Шум в моделях одиночного нейрона.

Статистика шума. Выходной шум. Медленный шум в параметрах. Диффузионный шум.

Подпороговый режим. От диффузионного шума к выходному шуму.

Индукцированные шумом спайки и rate models. Влияние шума в переходном режиме (canard-колебания). Изменения шаблонов генерации в модели Хубера-Брауна под действием шума.

Раздел 3.4 Реакция нейрона на продолжительный возбуждающий сигнал.

Различные механизмы формирования отклика на периодическую последовательность возбуждающих импульсов: нейроны-резонаторы и нейроны-интеграторы.

Характер зависимости пороговой возбуждающей амплитуды от частоты воздействия.

Шаблоны генерации в ансамбле двух однонаправленно связанных нейронов-резонаторов.

Раздел 3.5 Динамика парных нейронов.

Однонаправленно и взаимно связанные модели нейронов.

Механизм противофазной синхронизации при электротонической связи.

Диаграмма режимов связанных нейронов Мориса-Лекара.

Индукцированные шумом колебания в ансамбле двух нейронов в возбуждаемом режиме.

Тема 4. Нейро-глиальные взаимодействия.

Раздел 4.1 Роль глиальных клеток в обработке информации.

Сведения из физиологии. Классификация и функции глии.

Глионы. Экспериментальные данные о динамике глионов.

Раздел 4.2 Модуляция межклеточной концентрации ионов.

Ограничения модели Ходжкина – Хаксли. Условия постоянства параметров нейрона и окружающей среды как обоснование постоянных значений равновесных потенциалов.

Модификация модели типа Ходжкина – Хаксли путем учета переменной внеклеточной концентрации калия. Уравнение баланса межклеточного калия. Динамика соседних (связанных) нейронов, обусловленная взаимодействием посредством межклеточной концентрации калия. Дуальный характер такой связи. Синфазная и противофазная синхронизация. Формирование сложного типа отклика с участием щелевого контакта.

Раздел 4.3 Динамика кальциевой подсистемы глионов.

Характеристики экспериментально наблюдаемых кальциевых колебаний в различных живых системах. Особенности процесса перераспределения кальция в клетке. Модель двух емкостей.

Анализ динамики модели, бифуркационная диаграмма. Кальциевая динамика глионов. Пути активации процесса высвобождения кальция в глионах позвоночных и беспозвоночных.

Кальциевые волны в ансамблях астроцитов.

Раздел 4.4 Математические модели трехкомпонентного синаптического контакта.

Моделирование синаптической передачи с учетом влияния дополнительных медиаторов. Активация выработки IP₃ в глионе. Моделирование деполяризации глиона за счет изменения внеклеточной концентрации калия. Обратные связи в модели P и R нейронов пиявки.

Переход к обобщенной функциональной модели. Динамика модели: долговременная потенциация, генерация нерегулярных последовательностей импульсов.

4. Перечень основной и дополнительной литературы:

Основная литература

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.
2. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу: Ритмы жизни: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991.
3. Физиология человека: В 3-х томах. Пер. с англ./ Под ред. Р.Шмидта и Г. Тевса.- М.: Мир, 1996.
4. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х кн. - М.: Высш.шк., 1987.
5. Рубин А.Б. Лекции по биофизике. - М.: Изд-во МГУ, 1994.

Дополнительная литература

1. Understanding Nonlinear Dynamics: Daniel Kaplan, Leon Glass. - Springer-Verlag New York, Inc. 1995.
2. Mathematical Physiology. James Keener, James Sneyd. - Springer-Verlag New York, Inc. 1998.
3. Biological Psychology: Mark R. Rosenzweig, Arnold L. Leiman, S. Marc Breedlove. Sinauer Associates, Publishers, Sunderland, Massachusetts, 1996.
4. Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю.. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. Москва: Техносфера, 2003.
5. 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.

5. Перечень средств обучения.

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

6. Вопросы к курсу.

1. Опишите типичную структуру уравнений, смысл переменных и параметров в моделях динамики популяций.
2. Дайте математическую формулировку эффектов конкуренции и кооперации.
3. Дайте обобщенную характеристику классу осцилляторов с нелинейностью N-типа.
4. Охарактеризуйте эффект кластерной осцилляции в системах с распределением ресурса.
5. Опишите бифуркационный сценарий перехода к хаосу высших порядков в глобально-связанных отображениях окружности.
6. Каков механизм противофазной синхронизации в связанных неизохронных осцилляторах?
7. Что понимается под вектором диффузионной связи?
8. Дайте определение явлению фазовой мультистабильности.
9. Охарактеризуйте основные типы ионных каналов.
10. Опишите основные пути моделирования пространственной структуры нейрона.
11. Дайте характеристику роли шума в динамике нейрона: происхождение, статистика, нелинейные эффекты.
12. Охарактеризуйте различия в реакции нейронов-резонаторов и нейронов-интеграторов на возбуждающий сигнал.
13. Опишите механизм взаимодействия нейронов посредством модуляции межклеточной концентрации ионов калия.
14. Охарактеризуйте основные закономерности динамики кальция в глиальных клетках.
15. Опишите структуру математической модели управляемого глионом синаптического контакта с учетом основных путей активации и отклика глиальной клетки.