

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

Кафедра радиофизики и  
нелинейной динамики

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕОРИИ  
КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН**

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;"><b>ОДОБРЕНО:</b></p> <p>Председатель учебно-методической комиссии физического факультета, профессор _____ В.Л.Дербов _____ 2006 г.</p>		<p style="text-align: center;"><b>УТВЕРЖДАЮ:</b></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,  
профессор \_\_\_\_\_

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	36				
- лабораторные (практические)	-				
- семинарские	-				
Самостоятельная работа студентов	2				
Зачеты, +/-	+				
Экзамены, +/-	-				
Контрольные работы, количество	1				
Курсовая работа, +/-	-				

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

А.П.Четвериков

## Раздел 1. Организационно-методическое сопровождение

Курс «Дополнительные главы теории колебаний и волн» читается студентам дневного отделения кафедры радиофизики и нелинейной динамики, обучающихся по специальности 014200 – биохимическая физика. Курс читается в течение 9-го учебного семестра и включает 36 часов лекционных занятий и 2 часа самостоятельной работы.

Цель курса состоит в изучении проблем и методов теории колебаний и волн, не рассматриваемых в основных курсах теории колебаний и теории волновых процессов. Рассматриваются нелинейные волновые явления в дискретных и сплошных средах и проблемы взаимодействия колебаний и волн. Студенты знакомятся с методами исследования нелинейных волновых процессов, основными типами нелинейных волн и их характеристиками. Занимаясь самостоятельной работой, студенты изучают в деталях отдельные проблемы в рамках курса.

## Раздел 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
<b>Очная полная программа</b>							
	Введение	2	2				
1.	Нелинейные колебания и волны в дискретных системах	4	4				
1.1.	Одномерная решетка – модель упорядоченной структуры.		2				
1.2.	Нелинейные ансамбли взаимодействующих потенциальных частиц		2				
2.	Нелинейные волны в сплошной среде	18	18				контрольная работа
2.1.	Простые нелинейные волны.		2				
2.2.	Бегущие волны в нелинейной среде без дисперсии.		2				
2.3.	Ударные волны		2				
2.4.	Волны в слабонелинейной среде		2				
2.5.	Стационарные волны в нелинейной среде с дисперсией		2				
2.6.	Стационарные волны в среде с нелинейностью и диссипацией		2				

2.7.	Распространение волн в нелинейных активных средах		2				
2.8.	Условия существования и роль предельных циклов		2				
2.9.	Пространственные структуры и нелинейные волновые явления		2				
3.	Взаимодействия нелинейных колебаний и волн	14	12			2	
3.1.	Модулированные волны в нелинейных средах		4				
3.2.	Резонансное взаимодействие осцилляторов		4				
3.3.	Резонансное взаимодействие волн в слабонелинейных средах с дисперсией		2				
3.4.	Турбулентность		2				
Итого:		38	36			2	зачет

### Раздел 3. Содержание учебной дисциплины

**Введение.** Стационарные нелинейные волны. Периодические и локальные нелинейные волны. Взаимодействия нелинейных колебаний и волн.

#### 1. Нелинейные колебания и волны в дискретных системах

**1.1. Одномерная решетка – модель упорядоченной структуры.** Дисперсия в цепочке взаимодействующих частиц. Критическая частота. Потенциалы взаимодействия: Ферми-Паста-Улама, Тоды, Леннарда-Джонса, Морзе. Периодические граничные условия. Кольцевые системы.

**1.2. Нелинейные ансамбли взаимодействующих потенциальных частиц.** Кноидальные волны и солитоны в цепочках Тоды. Скорость и энергия солитонов. Многосолитонные возбуждения в цепочке Тоды. Кластеры в ансамблях малой плотности с потенциалом Морзе. Энтропия ансамбля частиц Морзе.

#### 2. Нелинейные волны в сплошной среде

**2.1. Простые нелинейные волны.** Модель для описания распространения простых волн. Волна с квадратичной нелинейностью. Рождение высших гармоник. Резонанс гармоник в простой волне. Опрокидывание волн. Условия опрокидывания. Аналогия с волнами в потоке невзаимодействующих частиц.

**2.2. Бегущие волны в нелинейной среде без дисперсии.** Волна Римана. Простые волны в жидкости и газе. Волны в автомобильных потоках. Определение координат разрыва одномерной волны.

**2.3. Ударные волны.** Граничные условия на разрыве. Скорость ударной волны. Граничная и начальная задачи в исследовании ударных волн. Образование ударного фронта в электромагнитных волнах в линии передачи. Сферическая ударная волна.

**2.4. Волны в слабонелинейной среде с малой дисперсией и малой диссипацией.** Среда-модель в виде электрической цепочки. Нелинейная емкость и нелинейная индуктивность. Нелинейные телеграфные уравнения. Эталонные уравнения. Граничные и начальные условия.

**2.5. Стационарные волны в нелинейной среде с дисперсией.** Уравнение Картевега-де-Вриза. Стационарные решения уравнения КдВ. Периодические нелинейные (кноидальные) волны. Солитон – уединенная нелинейная волна. Скорость, высота и ширина солитона. Эволюция произвольных начальных возмущений большой интенсивности.

**2.6. Стационарные волны в среде с нелинейностью и диссипацией.** Уравнение Бюргерса. Решения уравнения Бюргерса при слабой и сильной диссипации. Стационарные ударные волны в нелинейной среде с диссипацией и дисперсией.

**2.7. Распространение волн в нелинейных активных средах.** Автоколебания в распределенных системах. Электрическая цепочка с отрицательным трением. Нелинейные бегущие волны. Одноволновое приближение. Разрывные волны. Период и скорость стационарной волны. Диссипативные солитоны. Волны в системе с диссипативной нелинейностью и реактивной нелинейностью.

**2.8. Условия существования и роль предельных циклов.** Одноволновая среда с кубичной нелинейностью. Квазигармонические и кноидальные волны. Зависимость скорости гармоник от их амплитуд. Влияние дисперсии на автоколебания.

**2.9. Пространственные структуры и нелинейные волновые явления.** Методы описания динамики распределенных объектов. Автоволновые процессы. Процессы переноса. Диффузия. Самоорганизация. Базовые структуры АВП: бегущий фронт, бегущий импульс, ведущий центр, стоячая волна, ревербератор, синхронные автоколебания, квазистохастические волны, диссипативные структуры. Математическая модель автоволновой системы. Незатухающие бегущие волны конечной амплитуды.

### **3. Взаимодействия нелинейных колебаний и волн.**

**3.1. Модулированные волны в нелинейных средах.** Квазигармонические модулированные волны. Частота и волновое число как функции координат и времени. Плотность и поток энергии в диспергирующей нелинейной среде. Нелинейное уравнение Шредингера. Комплексное уравнение Гинзбурга-Ландау. Модуляционная неустойчивость. Самомодуляция. Модели взаимодействия электромагнитных и электронных волн.

**3.2. Резонансное взаимодействие осцилляторов.** Резонансное взаимодействие трех связанных осцилляторов в среде с квадратичной нелинейностью. Комбинационные компоненты. Метод медленно-меняющихся амплитуд. Соотношения Мэнли-Роу. Адиабатические инварианты. Распадная неустойчивость.

**3.3. Резонансное взаимодействие волн в слабонелинейных средах с дисперсией.** Пространственно-временной резонанс. Среда с квадратичной нелинейностью. Уравнения для медленных амплитуд. Взаимодействие пространственно-однородных волн. Стационарные волны в консервативной системе. Пространственно-неоднородные поля в неконсервативной среде. Режим синхронизации фаз. Взрывная неустойчивость.

**3.4. Турбулентность.** Модель Ландау-Хопфа. Сценарий Рюэля-Такенса. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Переход к турбулентности через перемежаемость. Развитая турбулентность.

Виды самостоятельной работы студента: изучение литературных источников (2 часа)

## **Раздел 4. Перечень основной и дополнительной литературы**

### *Основная литература*

1. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1991.
2. Ланда П.С. Нелинейные колебания и волны. . М.: Наука, 1997.
3. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1979.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.. Теоретическая физика. Т.6. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.

5. Тода М. Теория нелинейных решеток. М.: Мир, 1984.
6. Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы. М.: Наука, 1987.

#### *Дополнительная литература*

1. Скотт Э. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике. М.: Советское радио, 1977.
2. Сухоруков А.П. Нелинейные волновые взаимодействия в оптике и радиофизике. М.: Наука, 1988.
3. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. М.: Наука, 1990.
4. Вильхельмссон Х., Вейланд Я. Когерентное нелинейное взаимодействие волн в плазме. М.: Энергоиздат, 1981.
5. Нелинейные волны. Сборник под ред. С.Лейбовича и А.Сибасса. М.: Мир, 1977
6. Нелинейные волны. Самоорганизация. М.: Наука, 1983

### **Раздел 5. Перечень средств обучения**

Оптический проектор  
Электронный проектор  
Компьютеры

### **Раздел 6. Вопросы к курсу**

1. Потенциалы взаимодействия и периодические граничные условия в цепочке взаимодействующих частиц
2. Кноидальные волны и солитоны в цепочках Тоды
3. Кластеры в ансамблях малой плотности с потенциалом Морзе
4. Простые нелинейные волны
5. Бегущие волны в нелинейной среде без дисперсии
6. Ударные волны
7. Волны в слабонелинейной среде с малой дисперсией и малой диссипацией
8. Эталонные уравнения
9. Стационарные волны в нелинейной среде с дисперсией
10. Солитон – уединенная нелинейная волна
11. Стационарные волны в среде с нелинейностью и диссипацией
12. Распространение волн в нелинейных активных средах
13. Волны в системе с диссипативной нелинейностью и реактивной нелинейностью
14. Квазигармонические и кноидальные волны в одноволновой среде с кубической нелинейностью
15. Автоволновые процессы
16. Базовые структуры автоволновых процессов
17. Квазигармонические модулированные волны
18. Модуляционная неустойчивость
19. Резонансное взаимодействие трех связанных осцилляторов в среде с квадратичной нелинейностью
20. Распадная неустойчивость
21. Резонансное взаимодействие волн в слабонелинейных средах с дисперсией
22. Режим синхронизации фаз. Взрывная неустойчивость
23. Турбулентность