

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

кафедра радиофизики  
и нелинейной динамики

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине **Основы радиофизики**

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 \_\_\_\_\_

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	106				
в том числе: - лекции -	70				
лабораторные (практические) -	36				
семинарские					
Самостоятельная работа студентов	44				
Зачеты, +/-	+				
Экзамены, +/-	+				
Контрольные работы, количество	2				
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 "Основы радиофизики" читается студентам дневного отделения физического факультета, обучающимся по специальности 014200 "Биохимическая физика" в течение 6 и 7 семестров и включает 72 час. лекций и 36 час. практических занятий. Курс является базовым предметом в плане освоения студентами основных понятий нелинейной теории колебаний, методов анализа сигналов и электронных устройств преобразования и генерации электрических сигналов. Его главная задача – выработка у обучающихся целостного взгляда на явления и эффекты колебательной природы в окружающем мире, дать представление о наиболее употребительных методах анализа механизмов возникновения колебаний и их характеристик.

## 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>							
1.	Тема 1.	14	6	4	-	4	
1.1	Основные	0.5	0.5	-	-	-	
1.2	понятия	2	2	-	-	-	
1.3	теории	9.5	1.5	4	-	4	
1.4	колебаний	1.5	1.5	-	-	-	
1.5		0.5	0.5	-	-	-	
2.	Тема 2.	11.5	5.5	-	-	6	
2.1	Нелинейность и ее	0.5	0.5	-	-	-	
2.2	фундаментальные	3	1	-	-	2	
2.2.1	проявления	0.5	0.5	-	-	-	
2.2.2		0.5	0.5	-	-	-	
2.2.3		0.5	0.5	-	-	-	
2.2.4		0.5	0.5	-	-	-	
2.3				-	-	-	
2.3.1		3	1	-	-	2	
2.3.2		3	1	-	-	2	
3.	Тема 3.	7	3	-	-	4	
3.1	Асимптотические	4.5	2.5	-	-	2	
3.2	методы теории колебаний	2.5	0.5	-	-	2	
4.	Тема 4.	8	2	4	-	2	
4.1	Нелинейный	0.25	0.25	-	-	-	
4.2	резонанс	0.5	0.5	-	-	-	
4.3		6.75	0.75	4	-	2	
4.4		0.5	0.5	-	-	-	

5.	Тема 5.	24	8	12	-	4	Контрольная работа
5.1	Автоколебания	5	1	4	-	-	
5.2		4	2	-	-	2	
5.3		8	2	4	-	2	
5.4		6	2	4	-	-	
5.5		1	1	-	-	-	
6.	Тема 6.	11	4	4	-	3	
6.1	Синхронизация	2	1	-	-	1	
6.2	динамических	2.5	1.5	-	-	1	
6.3	систем	6.5	1.5	4	-	1	
7.	Тема 7.	10	6	-	-	4	
7.1	Динамический	2.5	1.5	-	-	1	
7.2	хаос	2.5	1.5	-	-	1	
7.3		2.5	1.5	-	-	1	
7.4		2.5	1.5	-	-	1	
8.	Тема 8. Сигналы,	3	2	-	-	1	
8.1	их классификация	2	1	-	-	1	
8.2	и характеристики	1	1	-	-	-	
9.	Тема 9.	17	8	4	-	5	
9.1	Спектральный	2	1	-	-	1	
9.2	анализ сигналов	4	3	-	-	1	
9.3		7	2	4	-	1	
9.4		2	1	-	-	1	
9.5		2	1	-	-	1	
10.	Тема 10.	11	4	4	-	3	
10.1	Спектрально-	2	1	-	-	1	
10.2	временной анализ сигналов	9	3	4	-	2	
11.	Тема 11.	4	2	-	-	2	
11.1	Преобразование Гильберта	4	2	-	-	2	
12.	Тема 12.	4	2	-	-	2	
12.1	Преобразование Лапласа	4	2	-	-	2	
13.	Тема 13.	26	18	4	-	4	Контрольная работа
13.1	Принципы и	2	2	-	-	-	
13.2	устройство	3	3	-	-	-	
13.3	аппаратного	3	2	-	-	1	
13.4	преобразования	1	1	-	-	-	
13.5	сигналов.	2	1	-	-	1	
13.6		2	2	-	-	-	
13.7		2	1	-	-	1	
13.8		2	2	-	-	-	
13.9		3	3	-	-	-	
13.10		7	2	4	-	1	
Итого:		150	70	36	0	44	Зачет Экзамен

### 3. Содержание учебной дисциплины

**Введение.** Роль электрических сигналов в биофизике. Передача сообщений электромагнитными волнами высокой частоты. Колебательные и волновые явления в биофизике. Основные тенденции и перспективы развития современной радиофизики. Взаимосвязь курса с другими дисциплинами.

#### Тема 1. Основные понятия теории колебаний.

**Раздел 1.1.** Состояние, фазовое пространство, фазовая траектория, интегральная кривая, динамическая система, оператор эволюции. Способы задания динамической системы: как систему обыкновенных дифференциальных уравнений 1-го порядка, как уравнения в частных производных, как уравнения с задержкой, как дискретное отображение. Размерность динамической системы.

**Раздел 1.2.** Линейный гармонический осциллятор как динамическая система. Оператор эволюции для него. Нахождение решения и его анализ. Построение фазового портрета. Состояние равновесия типа центр. Примеры систем, допускающих приближенное описание с помощью гармонического осциллятора (бусинка на проволоке с произвольным рельефом, маятник с невесомым стержнем, колебательный контур, модель хищник-жертва, СВЧ-резонатор). Фундаментальное значение гармонического осциллятора.

**Раздел 1.3.** Состояние равновесия. Типы состояний равновесия на фазовой плоскости. Разбиение плоскости "след - определитель матрицы линеаризации" на области с разными типами состояний равновесия для случая фазовой плоскости. Метод D-разбиений для нахождения границ областей устойчивости состояния равновесия.

**Практическое занятие** "Исследование устойчивости состояний равновесия" (работа на компьютере).

**Раздел 1.4.** Консервативные и диссипативные системы с точки зрения теории колебаний. Формула для эволюции плотности точек и малого фазового объема в фазовом пространстве с течением времени. Теорема Лиувилля для консервативных систем, приведенных к канонической форме. Поведение фазового объема в консервативных системах, не приведенных к каноническому виду, и в неконсервативных системах. Линейный осциллятор с потерями как пример диссипативной системы.

**Раздел 1.5.** Понятие аттрактора динамической системы. Возможность существования аттрактора только в диссипативных системах.

#### Тема 2. Нелинейность и ее фундаментальные проявления.

**Раздел 2.1.** Понятие нелинейности. Нелинейные элементы, нелинейные характеристики и нелинейные системы. Примеры нелинейных элементов и характеристик.

**Раздел 2.2.** Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность: неизохронность и ангармоничность колебаний, мультистабильность и гистерезис, автоколебания.

**2.2.1.** Примеры систем, демонстрирующих неизохронность колебаний (скачущий мячик, движение планет, релятивистский электрон в магнитном поле).

**2.2.2.** Пример системы, демонстрирующей ангармоничность колебаний (шарик в

ямке сложной формы). Понятие о спектральном представлении сигнала. Свойство нелинейной системы добавлять новые спектральные составляющие к сигналу (пример - амплитудная модуляция).

**2.2.3.** Понятие топологической эквивалентности двух множеств. Понятие грубости, или структурной устойчивости, динамической системы и ее решения. Виды возмущений динамической системы. Прикладное значение грубости. Понятие бифуркации. Явление мультистабильности на примере шарика в сложном рельефе. Расчет границ областей мультистабильности на плоскости параметров для осциллятора в потенциале, описываемом уравнением 4-ой степени. Складка и сборка. Явление гистерезиса.

**2.2.4.** Понятие автоколебаний и автоколебательной системы.

**Раздел 2.3.** Нелинейный осциллятор на фазовой плоскости.

**2.3.1.** Нелинейный консервативный осциллятор и общий вид описывающих его дифференциальных уравнений. Интеграл энергии и фазовые траектории. Построение фазового портрета нелинейного консервативного осциллятора. Примеры (осциллятор с квадратичной нелинейностью, осциллятор Дуффинга, нелинейный маятник). Уравнение сепаратрисы.

**2.3.2.** Нелинейный осциллятор с диссипацией. Построение фазовых портретов с опорой на случай консервативного осциллятора.

**Тема 3.** Асимптотические методы теории колебаний.

**Раздел 3.1.** Метод малого параметра и его ограничения. Метод возмущений, или метод Крылова-Боголюбова. Метод медленно меняющихся амплитуд (метод усреднения). Получение укороченных уравнений для амплитуды и фазы.

**Раздел 3.2.** Иллюстрация применения асимптотических методов к нахождению решений нелинейных осцилляторов: осциллятора с кубической нелинейностью без потерь и с диссипативным слагаемым, осциллятора с квадратичной нелинейностью.

**Тема 4.** Нелинейный резонанс.

**Раздел 4.1.** Линейный осциллятор под внешним воздействием, его резонансная кривая и резонансная частота.

**Раздел 4.2.** Осциллятор с кубической нелинейностью под внешним воздействием: случай бесконечно малого трения. Получение зависимости амплитуды установившихся колебаний от частоты воздействия. Вывод уравнения резонансной кривой.

**Раздел 4.3.** Уравнение резонансной кривой в случае конечного трения. Зависимость от амплитуды воздействия. Мультистабильность и гистерезис в нелинейном осцилляторе под внешним воздействием.

**Практическое занятие** "Исследование нелинейного контура под внешним воздействием".

**Раздел 4.4.** Резонанс на субгармонике в нелинейном осцилляторе при бесконечном малом и конечном трении.

**Тема 5.** Автоколебания.

**Раздел 5.1.** Примеры автоколебательных систем. Получение математической модели простейших автоколебательных систем: генератора на туннельном диоде и грузика на пружине и движущейся платформе. Фазовые портреты некоторых автоколебательных систем, полученные путем численного решения. Предельный цикл.

**Раздел 5.2.** Анализ автоколебаний методом, основанном на энергетическом балансе. Анализ автоколебаний методом медленно меняющихся амплитуд. Получение укороченных уравнений для амплитуды и фазы колебаний. Бифуркации предельных циклов. Субкритическая и суперкритическая бифуркация Андронова-Хопфа. Аналитическое решение укороченных уравнений.

**Раздел 5.3.** Автоколебательная система с жестким возбуждением и ее анализ методом энергетического баланса. Получение укороченных уравнений для модели автоколебаний с жестким возбуждением.

**Практическое занятие** "Исследование генератора с мягким и жестким возбуждением" (работа на компьютере).

**Раздел 5.4.** Анализ автоколебательных систем с мягким и жестким возбуждением методом отображения Пуанкаре.

**Раздел 5.5.** Релаксационные автоколебания в уравнениях Релея. Понятие об автоколебаниях с малым параметром перед старшей производной. Быстрые и медленные движения.

## **Тема 6. Синхронизация динамических систем.**

**Раздел 6.1.** Два типа синхронизации: взаимная и вынужденная. Периодическое внешнее воздействие на автоколебательную систему: осциллятор Ван-дер-Поля с гармоническим внешним воздействием и получение укороченных уравнений для него.

**Раздел 6.2.** Анализ укороченных уравнений неавтономного осциллятора Ван-дер-Поля. Синхронизация на основном тоне. Построение фазового портрета в полярных координатах. Бифуркационная диаграмма укороченных уравнений. Периодические и квазипериодические колебания и их спектры. Резонансные кривые автоколебательной системы. Два механизма синхронизации: через захват и через подавление колебаний. Полная бифуркационная диаграмма колебаний на плоскости параметров амплитуда - частота воздействия.

**Раздел 6.3.** Автогенератор с сильной фазовой нелинейностью под импульсным периодическим воздействием. Отображение окружности. Случай  $K < 1$ . Построение фазовых портретов, диаграмма Ламерея. Нахождение областей синхронизации 0:1 и 1:1 на плоскости параметров  $K$  и  $\Omega$ . Касательная бифуркация. Диаграмма режимов на плоскости параметров. Чертова лестница.

**Практическое занятие** "Исследование отображения окружности" (работа на компьютере).

## **Тема 7. Динамический хаос.**

**Раздел 7.1.** История открытия динамического хаоса - краткая справка. Основное свойство хаоса - неустойчивость фазовых траекторий. Экспоненциальное нарастание малых возмущений, непредсказуемость, перемешивание элементов фазового объема.

**Раздел 7.2.** Примеры систем с хаотической динамикой: преобразование пекаря, Cat map, логистическое отображение, отображение окружности, отображение Хенона, бильярд

Синая, неавтономные осцилляторы типа Дуффинга, система Лоренца, система Ресслера, генератор Анищенко-Астахова, цепь Чуа.

**Раздел 7.3.** Сценарии перехода к хаосу: Ландау, Релея-Такенса, Фейгенбаума. Иллюстрация сценария Фейгенбаума с помощью спектров и фазовых портретов. Удвоения периода в отображении. Сценарий Помо-Маневилля. Явление перемежаемости и его иллюстрация на примере модельного отображения. Переход к хаосу через разрушение двумерного тора.

**Раздел 7.4.** Размерность хаотических аттракторов.

## **Тема 8. Сигналы, их классификация и характеристики.**

**Раздел 8.1.** Понятия сигнала и помехи. Колебания в человеческом организме и соответствующие сигналы. Характеристики колебания: частота, период, фаза, амплитуда. Типы сигналов: периодические, квазипериодические, хаотические. Импульсные сигналы. Радио и видеоимпульсы. Дискретные, квантованные и цифровые сигналы. Символический метод, комплексное представление гармонического сигнала.

**Раздел 8.2.** Статистические характеристики сигналов. Среднее значение и дисперсия. Гистограмма и распределение плотности вероятности.

## **Тема 9. Спектральный анализ сигналов .**

**Раздел 9.1.** Идеи спектрального анализа. Общая теория: разложение произвольного сигнала по заданной системе функций. Обобщенный ряд Фурье.

**Раздел 9.2.** Гармонический анализ периодических колебаний. Удобство выбора гармонических функций в качестве базиса. Тригонометрическая и комплексная форма ряда Фурье, связь между ними, выражения для коэффициентов ряда. Вариант записи ряда Фурье с обоими (sin, cos) функциями и половинным нулевым коэффициентом. Амплитудный и фазовый спектр, их графическое изображение. Линейчатый (дискретный) характер спектра периодической функции.

Спектры простейших периодических колебаний: прямоугольное колебание (меандр), пилообразное колебание, последовательность униполярных треугольных импульсов, последовательность униполярных прямоугольных импульсов. Эффект Гиббса. Распределение мощности в спектре периодического колебания.

**Раздел 9.3.** Гармонический анализ непериодических колебаний. Спектральная плотность, прямое и обратное преобразование Фурье. Основные свойства преобразования Фурье: сдвиг колебания во времени, изменение масштаба времени, смещение спектра колебания, дифференцирование и интегрирование колебания, сложение колебаний, произведение двух колебаний. Взаимозаменяемость частоты и времени в преобразованиях Фурье. Распределение энергии в спектре непериодического колебания.

**Раздел 9.4.** Функция Хевисайда. Функция Дирака. Стробирование произвольного сигнала. Обратное преобразование Фурье функции Дирака. Спектр временного ряда конечной длительности.

**Раздел 9.5.** Спектр Фурье дискретного временного ряда. Быстрое преобразование Фурье. Теорема Котельникова.

## **Тема 10. Спектрально – временной анализ сигналов.**

**Раздел 10.1.** Оконное преобразование Фурье. Понятие о спектрально-временном анализе.

**Раздел 10.2.** Вейвлет-преобразование. Свойства вейвлет-функций. Процедура получения двумерной диаграммы при непрерывном вейвлет-преобразовании. Скелетоны вейвлет преобразования. Интерпретация результата вейвлет-преобразования в случае действительной и комплексной вейвлет-функции. Краевые эффекты: зона достоверности результатов преобразования. Математическая формулировка разложения по вейвлетам. Избыточность непрерывного вейвлет- преобразования. Обратное вейвлет- преобразование. Признаки вейвлета: локализация, нулевые моменты, ограниченность, автомодельность. Примеры базисных вейвлет- функций: производные функции Гаусса, вейвлет Морле.

## **Тема 11. Преобразование Гильберта.**

**Раздел 11.1.** Описание сигналов в терминах мгновенных амплитуды, фазы, частоты. Понятие аналитического сигнала. Формула преобразования Гильберта (ПГ). Интерпретация ПГ как идеального фазовращателя. Расчет ПГ через Фурье-образ исходного действительного сигнала. Примеры применения ПГ к амплитудно и частотно модулированным сигналам.

## **Тема 12. Преобразование Лапласа.**

**Раздел 12.1.** Определение прямого и обратного преобразования Лапласа (ПЛ). Понятие L-изображения. L-изображения некоторых широко распространенных функций . Теорема линейности. Теорема об изображении запаздывающего сигнала. Теорема о смещении изображения. L-изображения производной от сигнала, его интеграла. Теорема о производной изображения. Изображение свертки. Основные идеи применения L-изображения для анализа радиотехнических цепей.

## **Тема 13. Принципы и устройства аппаратного преобразования сигналов.**

**Раздел 13.1.** Основные типы преобразования сигналов: фильтрация, усиление, генерация, модуляция, детектирование, их назначение и результирующее изменение характеристик сигналов.

**Раздел 13.2.** Фильтрация сигналов. Использование реактивных элементов. Понятие о полном (комплексном) сопротивлении (импеданс) Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Полное сопротивление активного сопротивления, емкости, индуктивности. Элементарные RC и LR фильтры, их амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики при съеме выходного сигнала с различных элементов.

**Раздел 13.3.** Колебательный контур: последовательная и параллельная RCL-цепи. Свободные колебания в контуре. Понятие о резонансе. Колебательный контур как фильтр. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики. Баланс реактивных сопротивлений и поводимостей в последовательном и параллельном контуре.

**Раздел 13.4.** Усиление сигналов, идеальный усилитель. Реальный усилитель как нелинейный преобразователь плюс фильтр. Основные параметры усилителей.

**Раздел 13.5.** Усилитель на биполярном транзисторе с общим эмиттером. Принцип работы биполярного транзистора. Цепи смещения и нагрузки. Разделительные емкости в усилительном каскаде. Вывод формулы для коэффициента усиления. Цепи коррекции

усиления: конденсатор в цепи эмиттера.

**Раздел 13.6.** Схемы с использованием операционных усилителей. Свойства ОУ. Идеализированная модель ОУ. Понятие виртуального заземления. Инвертирующий и неинвертирующий усилители, их коэффициент усиления и входное сопротивление. Повторители напряжения. Влияние обратной связи на характеристики усилителей.

**Раздел 13.7.** Генераторы. Роль положительной и отрицательной обратной связи. Обобщенное представление генератора в виде замкнутой цепи из нелинейного усилителя, линейной цепи обратной связи и фильтра.

**Раздел 13.8.** Примеры генераторов: на транзисторе с LC-контуром, генератор с мостом Вина, простейший релаксатор на неоновой лампе, релаксатор на операционном усилителе, мультивибратор.

**Раздел 13.9.** Нелинейные преобразования сигнала. Общее понятие о модуляции и детектировании. Амплитудная модуляция. Простейший модулятор в виде смесителя на диоде и колебательного контура. Основные характеристики амплитудно-модулированных колебаний.

Фазовая и частотная модуляция.

**Раздел 13.10.** Идея детектирования. Простейший детектор на п/п диоде. Роль постоянной времени фильтра. Принцип детектирования ЧМ колебаний. Преобразование частоты: супергетеродинный прием.

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

##### *Основная литература*

1. А.В. Хохлов, Теоретические основы радиоэлектроники. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2005
2. Калинин В.И., Герштейн Г.М. Введение в радиофизику. - М. 1957.
3. Мандельштам Л.И. Лекции по колебаниям: Собрание сочинений, Т.4. - М.: Наука, 1972.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М. 1983.
5. Зернов Н.В., Карпов В.Г. Теория радиотехнических цепей.- Л.: Энергия, 1972.
6. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Сов. радио, 1986.

##### *Дополнительная литература*

7. Каяцкас А.А. Основы радиоэлектроники. - М.: Высш.шк., 1988.
8. Хохлов А.В. Нелинейные и параметрические радиотехнические цепи и системы с полупроводниковыми приборами. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1994.
9. Хохлов А.В. Полупроводниковые усилители и автогенераторы. - Саратов: Изд-во Сарат.ун-та, 1997.
10. Фолькенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. Пер. с англ. Под ред. М.В. Гальперина. - М.: Мир, 1985.
11. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Астахов В.В. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Фундаментальные основы и избранные проблемы. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1999.
12. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. - М.: Наука, 1990.
13. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. - М.: Наука, 1972.
14. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. - М.: Физматгиз, 1959; М.: Наука, 1984.
15. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. - М.: Наука, 1984.
16. Бутенин Н.В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1976.

17. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. - М.: Мир. 1991.
18. Шустер Г. Детерминированный хаос. - М.: Мир, 1988.
19. Постнов Д.Э. Бифуркации регулярных аттракторов. - Саратов: Изд-во ГосУНЦ "Колледж", 1996.

## **5. Перечень средств обучения.**

1. Оборудование практикума по «Теории колебаний» кафедры радиофизики и нелинейной динамики.
2. Мультимедиа-проектор с компьютером.
3. Компьютерный класс для проведения тестирования.

## **6. Вопросы к курсу.**

1. Дайте определение динамической системе, фазовому пространству, фазовой траектории.
2. Выведите уравнение гармонического осциллятора для систем: маятник с невесомым стержнем, колебательный контур, бусинка на проволоке с произвольным рельефом.
3. Опишите классификацию состояний равновесия на фазовой плоскости.
4. В чем различие в эволюции фазового объема для консервативных и диссипативных систем?
5. Дайте определение аттрактора, репеллера, седла.
6. Опишите фундаментальные проявления нелинейности.
7. Дайте определение структурной устойчивости динамической системы.
8. Дайте определение бифуркации.
9. Что такое явление мультистабильности и какова его связь с понятием аттрактора?
10. Что такое коразмерность бифуркации? Приведите пример с использованием модели осциллятора в потенциале, описываемом уравнением 4-й степени.
11. Объясните методику построения фазового портрета нелинейного консервативного осциллятора с использованием интеграла энергии.
12. Охарактеризуйте ключевые предположения для применимости метода медленно меняющихся амплитуд.
13. Охарактеризуйте явления линейного резонанса.
14. С опорой на явление линейного резонанса, дайте объяснение эффектам наблюдаемым в колебательном контуре с нелинейной емкостью.
15. Дайте определения автоколебаниям и приведите примеры автоколебательных систем.
16. Дайте определение предельному циклу на фазовой плоскости как математическому образу автоколебаний.
17. Объясните метод анализа автоколебаний, основанный на энергетическом балансе.
18. Дайте описание бифуркации Андронова-Хопфа. Объясните различие между субкритическим и суперкритическим вариантами бифуркаций.
19. Какими физическими свойствами обладает колебательная система с жестким возбуждением?  
Каков фазовый портрет такой системы?
20. Охарактеризуйте динамику автоколебательных систем с малым параметром перед старшей производной.

21. Охарактеризуйте два основных механизма синхронизации в терминах эволюции спектров и с точки зрения бифуркаций двумерного тора.
22. Объясните основные механизмы, приводящие к возникновению динамического хаоса.
23. Опишите классификацию сигналов.
24. Приведите выражение для прямого и обратного преобразования Фурье, объясните их смысл с точки зрения преобразования сигнала из временной в частотную область.
25. Объясните алгоритм вейвлет-преобразования. В каких случаях оно имеет существенное преимущество над преобразованием Фурье.
26. Дайте определение аналитического сигнала. Охарактеризуйте преобразование Гильберта.
27. Выведите соотношение для амплитудно-частотных характеристик простейших фильтрующих цепей.
28. Получите формулы для коэффициента усиления инвертирующего и неинвертирующего усилителей на ОУ.
29. Приведите примеры схем генераторов: с LC-контуром, с мостом Вина.
30. Поясните принципы получения амплитудно-модулированных колебаний и их детектирования.