

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;">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	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
Очная полная программа							
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 Ω . 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 унipoлярных треугольных импульсов, последовательность унipoлярных 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.