

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Кафедра радиофизики**



УТВЕРЖДАЮ  
 Декан ФФ  
 А. Е. Бондарь  
 « 01 » сентября 2014 г.

**ТЕОРИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

Рабочая программа дисциплины

**Физический факультет**

Направление подготовки  
**03.03.02 Физика (уровень бакалавриата)**  
**Курс 3, семестр 6**

Профиль  
**Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация в часах (в период сессии)	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем (консультации, экзамен)
		Лекции	Семинары	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
6	108	32	16		42	14	4
Всего 108 часов / 3 зачетных единицы из них: - контактная работа 52 часа - в интерактивных формах 24 часа							

**Новосибирск 2014**

Рабочая программа дисциплины «Теория линейных электронных схем», предназначенная для студентов третьего курса физического факультета НГУ, разработана в 2011 году в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация «бакалавр») от 08.12.2009, приведена в соответствие с требованиями Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования от 19.12.2013, переработана в 2014 г. в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата) от 07.08.2014.

Место дисциплины в структуре учебного плана Б1, вариативная

Составил старший преподаватель Д.П. Суханов

Рабочая программа дисциплины

## Содержание

Аннотация .....	4
1. Цели освоения дисциплины .....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	5
4. Структура и содержание дисциплины .....	6
5. Образовательные технологии .....	8
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. ....	8
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и примеры заданий для самостоятельной работы .....	9
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	11
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	11

## **I. Рабочая программа дисциплины «Теория линейных электронных схем»**

### **Аннотация**

Программа курса «**Теория линейных электронных схем**» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню бакалавриата по направлению подготовки «**03.03.02 Физика**» (академический бакалавриат), а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой радиофизики. Дисциплина изучается студентами третьего курса физического факультета в весеннем семестре.

Цель курса – освоение методов проектирования различного рода усилительных схем: широкополосных, узкополосных и постоянного тока. С этой же целью в курсе излагаются основы теории линейных пассивных цепей, входящих в состав усилителей и определяющих характеристики усилителей.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций ПК-1, ПК-4 и ПК-5 в части использования специализированных знаний в области физики для понимания и освоения материала курса, применения полученных профессиональных знаний и умений, использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в своей научно-исследовательской деятельности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, тематические доклады, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные задания либо выборочный опрос по основным темам.

Итоговый контроль: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- занятия лекционного типа – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 42 часа;
- промежуточная аттестация (групповая консультация, подготовка к сдаче экзамена и экзамен) – 18 часов.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, групповые консультации, экзамен) составляет 52 часа.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 24 часа.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель учебного курса «Теория линейных электронных схем» – освоение методов проектирования различного рода усилительных схем: широкополосных, узкополосных и постоянного тока. С этой же целью в курсе излагаются основы теории линейных пассивных цепей, входящих в состав усилителей и определяющих характеристики усилителей.

Создание современной аппаратуры для физического эксперимента и ускорителей заряженных частиц для фундаментальных исследований и прикладных целей, исследования явлений в физике плазмы, ионосфере, астрофизике и других областях науки невозможно без использования электронных схем, линейных и цифровых. Основой знаний для создания и грамотной эксплуатации средств радиоэлектроники является курс лекций “Теория линейных электронных схем”.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория линейных электронных схем» является частью цикла обучения программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02-Физика.

Дисциплина «Теория линейных электронных схем» предназначена для обучения студентов-физиков основным понятиям радиоэлектроники в части линейных электронных устройств. Для достижения поставленной цели:

- даются общие понятия о транзисторах и усилительных устройствах рассматриваются простейшие схемы включения биполярных транзисторов, приводится расчет режимов, стабилизация рабочей точки и частотные характеристики простейших схем, изучаются схемы обратной связи их характеристики;
- изучаются общие свойства двухполюсников и четырехполюсников, исследуются простейшие методы синтеза цепей с заданными характеристиками;
- изучаются одно- и многокаскадные усилители с различной полосой пропускания и источники шумов в усилителях.

Для успешного освоения курса «Теория линейных электронных схем» студенты должны обладать предварительными знаниями основ: математического анализа, линейной алгебры, электричества и магнетизма, электродинамики, входящих в базовую часть математического и естественнонаучного цикла.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах:

- «Импульсная техника»
- Практика и научно-исследовательская работа в НИИ.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Профессиональные компетенции: ПК-1, ПК-4 и ПК-5 в части использования специализированных знаний в области физики для понимания и освоения материала курса, применения полученных профессиональных знаний и умений, использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в своей научно-исследовательской деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- иметь представление о современных усилительных схемах;
- знать физические основы и явления, используемые в полупроводниковых элементах (транзисторы и микросхемы) применяемых в усилительных устройствах;
- уметь применять простейшие методы анализа и синтеза цепей с заданными характеристиками;
- иметь навыки расчетов простейших усилительных схем и уметь оптимизировать их параметры.

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Дисциплина «Теория линейных электронных схем» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ во втором семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Данный курс является базовой дисциплиной для студентов радиотехнической специализаций. Курс читается длительное время и содержит фундаментальные знания для студентов, специализирующихся в области радиоэлектроники. Аналогичные курсы читаются также и в других вузах России, со специальностью Радиоэлектроника или Радиофизика. Оригинальным в данном курсе является углубленное введение в теорию цепей.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточ ная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Семинары		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<u>Усилители.</u> Структурная схема. Коэффициент усиления. Частотные характеристики. Линейные и нелинейные искажения. Классификация усилителей по частотным характеристикам. <u>Транзисторы.</u> Вольтамперные характеристики. Эквивалентные схемы. Частотная зависимость параметров транзистора. Зависимость параметров эквивалентной схемы от режима. Типы транзисторов и их особенности.	1	3	2	1		
2	<u>Усилительный каскад на транзисторе.</u> Составляющие тока и потенциала коллектора, эмиттера, базы. Мощность постоянной и переменной составляющих. Графический метод определения режима. <u>Усилительный каскад с общим эмиттером с емкостной связью.</u> Эквивалентная схема. Работа каскада в области низких и высоких частот. Входные и выходные сопротивления, коэффициент усиления.	2	6	2	1	3	
3	<u>Каскад с общим коллектором.</u> Входные и выходные сопротивления, коэффициент усиления. Частотная характеристика.	3	6	2	1	3	
6	<u>Каскад с общей базой</u> и ее параметры. Каскад с эмиттерной связью. Каскодная схема. Выбор рабочей точки и способы ее стабилизации.	4	4	1	1	2	
7	<u>Обратные связи в усилителях.</u> Виды обратной связи. Влияние обратной связи на характеристики усилителей.	4-5	4	1	1	2	
8	<u>Устойчивость усилителей с обратной связью.</u> Критерий устойчивости Найквиста. Паразитные обратные связи.	5	4	1	1	2	

1	2	3	4	5	6	7	8
9	<u>Преобразование Лапласа. Основные свойства преобразования Лапласа. Преобразование рациональной дроби.</u>	6	4	1	1	2	
10	<u>Некоторые общие свойства цепей.</u> Уравнения контурных токов и узловых потенциалов. Входное сопротивление (проводимость). Сопротивление (проводимость) передачи. Функции линейных цепей и их свойства. Расположение нулей и полюсов. Свойства вещественной и мнимой частей функции цепи. Устойчивость и физическая осуществимость. Переходные процессы в линейных цепях. Операторный метод. Связь переходного процесса с частотной характеристикой. Интеграл Дюамеля.	6-7	8	3	1	4	
11	<u>Двухполюсные цепи.</u> Сопротивление и проводимость двухполюсника. Минимально-активные и минимально-реактивные двухполюсники. Двухполюсники, состоящие из чисто реактивных элементов.	8	6	2	1	3	
12	<u>Четырехполюсники.</u> Характеристические и рабочие параметры. Представление четырехполюсника в виде скрещенной цепи. Четырехполюсники минимального затухания и минимальной фазы. Четырехполюсники, состоящие из чисто реактивных элементов.	9	5	2	1	2	
13	<u>Связь между вещественной и мнимой частями функции цепи.</u> Аналитические условия. Интеграл активного сопротивления и затухания. Интеграл реактивного сопротивления и фазы. Интегральная связь между вещественной и мнимой частями функции цепи, заданными во всем частотном диапазоне и заданными в разных диапазонах частот. Графоаналитический метод построения фазочастотных характеристик по заданным амплитудно-частотным.	10	6	2	1	3	
14	<u>Широкополосные и импульсные усилители.</u> Каскады с коррекцией высших частот. Метод Брауде. Синтез цепей коррекции. Применение обратной связи. Многокаскадные усилители. Передача фронта и вершины импульса однокаскадными усилителями. Усиление фронта каскадом с индуктивной коррекцией. Усиление фронта многокаскадным усилителем с коррекцией. Усилители с распределенным усилением.	11-12	6	3	1	2	

1	2	3	4	5	6	7	8
15	<u>Избирательные усилители.</u> Резонансные однокаскадные и многокаскадные усилители. Усилители с расстроенными контурами. Избирательные усилители с обратной связью.	12	4	1	1	2	
16	<u>Усилители постоянного тока.</u> Гальваническая связь. Температурный и временной дрейф. Дифференциальные усилители постоянного тока. Усилители постоянного тока с преобразованием. Комбинированные схемы усилителей постоянного тока. Классификация операционных усилителей.	13	5	2	1	2	
17	Тематические доклады студентов	14	14	6		8	
18	<u>Шумы в усилителях.</u> Случайные процессы и их свойства. Спектральная плотность и автокорреляционная функция. Тепловые шумы, теорема Найквиста. Коэффициент шума усилителя. Источники шумов в усилителях. Шумы транзисторов.	15	5	3		2	
19	Групповая консультация		2				2
20	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		14				14
21	Экзамен		2				2
	Всего		108	32	16	42	18

## 5. Образовательные технологии

Учебный курс «Теория линейных электронных схем» проводится классическим способом: проводятся лекции, ведется выборочный опрос студентов по материалам лекций и заданий для самостоятельной работы. При подаче материала лекционного курса используется доска и мультимедийная техника. Контроль выполнения заданий проводится в интерактивной форме. Поощряется активность студентов при обсуждениях тем заданий. Существенным элементом образовательных технологий является способность студента доходчиво донести свои соображения всей аудитории группы, умение ответить на вопросы сокурсников и преподавателя. Это развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей профессиональной деятельности студента.

Важным моментом при прохождении курса «Теория линейных электронных схем» являются тематические доклады студентов по элементной базе и технологиям современной радиоэлектронной промышленности и науки.

Оценка усвоения компетенций производится по двухбалльной шкале. Положительная оценка на экзамене выставляется тем студентам, которые усвоили компетенции, прописанные в программе, справились с заданиями для самостоятельной работы и ответили на вопросы экзаменационных билетов.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### Темы подготовки для самостоятельных докладов

1. Применение транзисторов в современных усилителях мощности. Область применения и достигнутые рабочие параметры.



2. Основные схемы согласования каскадов в усилителях, их влияние на рабочую полосу усилителя.
3. Современные интегральные линейные электронные устройства. Их классификация и область применения.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры и книгами, имеющимися в библиотеке:

1. Карлинер М.М. Линейные электронные схемы. Курс лекций. Новосибирск, 2010.

URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/KarLinear/>

Система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения материала, а также экзамен.

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проведения контрольных работ либо выборочного опроса по основным темам.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию, по билетам, в устной форме.

## **7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и примеры заданий для самостоятельной работы**

Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные профессиональные компетенции: ПК-1, ПК-4 и ПК-5 сформированы в части использования специализированных знаний в области физики для понимания и освоения материала курса, применения полученных профессиональных знаний и умений, использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в своей научно-исследовательской деятельности.

В конце каждого основного тематического раздела дисциплины проводится выборочный опрос, охватывающий пройденные темы дисциплины.

Цель такой проверки – закрепление качественного понимания материала и дополнительная дифференциальная оценка учебной работы студента на лекции. Полученная оценка учитывается в итоговой оценке за дисциплину в конце года.

Вопросы в основном имеют оценочный, качественный характер.

Например:

- Какие основные характеристики усилителей Вы знаете?
- Какие основные отличия в характеристиках усилительных каскадов с ОЭ и ОБ.
- Какие параметры транзистора влияют на его температурную зависимость?
- Какие виды обратной связи Вы знаете?

В качестве заданий для самостоятельной работы используются задачи по основным практическим применениям теоретического материала.

Примеры задач по разделу «Введение»:

- Вычислить мощности, выделяемые на усилителе и нагрузке транзисторного каскада.
- Рассчитать параметры схемы усилителя с включенной ООС по напряжению (входное и выходное сопротивление, коэффициент усиления).
- Нарисовать диаграмму Найквиста трехкаскадного усилителя с ОС на основе транзисторного каскада с ОЭ с разделительной емкостью.

В процессе обучения студента предлагаются темы для подготовки самостоятельных докладов. Тематические доклады заслушиваются и разбираются на занятиях со всеми

студентами. Оценка за работу дифференциальная и также учитывается в итоговой оценке за дисциплину.

Примеры заданий по теме «Аналоговые интегральные схемы»:

- Классификация ОУ.
- ОУ с обратной связью по напряжению.
- ОУ с обратной связью по току.
- Усилители с дифференциальными входом и выходом».
- Логарифмические усилители.
- Стабилизаторы напряжения и тока.

Образцы вопросов для подготовки к экзамену:

- Характеристики усилителя на транзисторе по схеме с общим коллектором.
- Работа усилительного каскада с общим эмиттером в области низких, средних и высоких частот.
- Усилительный каскад с общей базой, каскад с эмиттерной связью и каскодная схема включения.
- Выбор рабочей точки транзистора и основные схемы ее стабилизации.
- Основные виды усилителей с обратной связью. Влияние обратной связи на характеристики усилителей
- Критерий устойчивости Найквиста.
- Переходные процессы в линейных цепях. Связь переходной функции с частотной характеристикой.
- Основные свойства двухполюсных цепей
- Свойства двухполюсников, составленных из чисто реактивных элементов
- Основные параметры четырехполюсников.
- Связь между вещественной и мнимой частями функции цепи
- Коррекция высших частот в широкополосных усилителях
- Передача фронта и вершины импульса импульсными усилителями.
- Типы избирательных усилителей и их основные характеристики.
- Методы расчета переходных процессов в избирательных усилителях.
- Дифференциальные усилители постоянного тока и их классификация.

Экзаменационные вопросы охватывают весь объем лекционного курса. Вопросы в билетах соответствуют содержанию разделов программы.

Примеры экзаменационных билетов:

№1	Усилительный каскад с общим эмиттером. Работа каскада в области средних и низких частот.
№2	Усилительный каскад с общим эмиттером. Работа каскада в области средних и высших частот.
№3	Каскад с общим коллектором и его характеристики. Каскад с общей базой. Каскад с эмиттерной связью и каскод.
№4	Стабилизация режима транзисторного каскада. Выбор рабочей точки. Основные факторы, влияющие на ее нестабильность. Анализ различных схем стабилизации рабочей точки.
№5	Усилители с обратной связью. Виды обратной связи. Влияние обратной связи на характеристики усилителей. Критерий устойчивости Найквиста.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. *Карлинер М.М.* Линейные электронные схемы. Курс лекций. Новосибирск, 2010.  
URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/KarLinear/>

### а) Дополнительная литература:

1. *Степаненко И.П.* Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М.: Энергия, 1977.
2. *Линейные схемы. Руководство по проектированию.* Пер. с англ./ под ред. Х. Цумбалена, М.: Техносфера, 2011.
3. *Атабеков Г.И.* Основы теории цепей. СПб.: Лань, 2006.
4. *Степаненко И.П.* Основы микроэлектроники. Учебное пособие для вузов. М.: Лаб. Базовых Знаний, 2003. 488 с.
5. *Травин Г.А.* Основы схемотехники: в 2-х частях. Новосибирск: СибГУТИ, 2005-2006 г.
6. *Эрглис К.Э., Степаненко И.П.* Электронные усилители. М.: Наука, 1964.
7. *Бодэ Г.* Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью, М.: Изд-во иностр. лит., 1948.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Доступ к информационным ресурсам, выложенным на сайте кафедры  
<http://www.inp.nsk.su/students/radio/index.ru.shtml>

Дисциплина обеспечена лекционными аудиториями Института ядерной физики СО РАН.  
Оснащение основных лекционных аудиторий ИЯФ:

*Пристройка 2 эт.* – Лекционная аудитория на 48 мест:

а) основное оборудование:

Стационарный (подвесной) проектор EPSON EB-X72 с пультом;  
Ноутбук DELL PP22L;

б) дополнительное оборудование:

ручной подвесной проекционный экран 127см\*127см  
Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

*Зал для конференций* – на 305 мест

а) основное оборудование:

Переносной проектор NEC VT660 с пультом;  
Ноутбук ASPIRE 5720;

б) дополнительное оборудование:

электрический подвесной проекционный экран 200м\*200м  
проектор для больших презентаций SANYO PLC-XP57L  
беспроводные инфракрасные микрофоны и аппаратура воспроизведения звука.

Возможность использования интернет библиотек.

**Программа дисциплины одобрена на заседании кафедры радиофизики физического факультета НГУ 27 августа 2014 года.**