

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ И ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____ / Н.Н. Сысоев /
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

РАДИОФИЗИКА

Уровень высшего образования:

Специалитет

Направление подготовки:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль) ОПОП:

Общая специальность

Квалификация «Специалист»

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. Д.ф.-м.н., профессор Руденко Валентин Николаевич, кафедра астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ; заведующий отделом Гравитационных измерений ГАИШ МГУ
2. К.ф.-м.н., старший научный сотрудник Гусев Андрей Викторович, отдел Гравитационных измерений ГАИШ МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор Постнов Константин Александрович

Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Радиофизика»

Дисциплина «Радиофизика» является частью курса общей физики. На лекциях студенты знакомятся с основными радиофизическими явлениями и радиотехническими цепями, методами их теоретического описания и способами использования в физических экспериментах и приборах. Лекции проводятся с компьютерной иллюстрацией (и симуляцией) изучаемых радиофизических явлений. Курс сопровождается практическими занятиями, на которых студенты учатся работать с радиотехническими цепями и схемами, а также семинарами занятиями по решению задач радиофизической тематики.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Радиофизика» реализуется на 2-ом курсе в 4-ом семестре и представляет профессиональный блок вариативной части астрономического отделения ; в то же время она является составной частью модуля «Общая физика» профессионального блока базовой части Физического факультета МГУ

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Знания в рамках программ математического анализа и общей физики за первые три семестра обучения на Физическом факультете МГУ

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	<p>З-1 Знать: фундаментальные законы радиофизики и их взаимосвязь</p> <p>З-2 Знать: основные понятия математической обработки данных радиотехнических экспериментов</p> <p>У-1 Уметь: строить теоретические модели радиофизических цепей, используя критически анализ данных</p> <p>У-2 Уметь: планировать и проводить экспериментальные исследования в области радиофизики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента</p> <p>В-1 Владеть: математическим аппаратом, применяемым в радиофизике</p> <p>В-2 Владеть: методами теоретического исследования явлений и процессов в радиофизике</p>
ОПК-1.Б	<p>З-1 Знать: основные математические методы, используемые при решении задач радиофизики</p> <p>У-1 Уметь: решать типовые задачи радиофизики и радиотехники</p> <p>У-2 Уметь: строить математические модели явлений и процессов радиофизики</p> <p>В-1 Владеть: навыками проведения радиофизических физических экспериментов и обработки их результатов</p>

3. **Форма обучения:** очная.

4. **Язык обучения:** русский.

5. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Предмет Радиофизика для астрономов

Предмет Радиофизика, входящий в группу общеобразовательных курсов физического факультета, в данной редакции адаптирован к специфике астрономической специальности. Он содержит изложение основ общей радиофизики как теоретической и методической базы, необходимой для работы с современными электронными измерительными приборами, устройствами приема, передачи и обработки информации с помощью электромагнитных цепей и систем. Методически курс является избирательным синтезом нескольких дисциплин, таких как, теория колебаний, радиотехника, теория случайных процессов, теория электромагнитных волн, теория фильтрации слабых сигналов. Теоретические положения курса сопровождаются примерами известных лабораторных и космических экспериментов..

Тема 2. Линейные элементы радиотехнических цепей

Условие квазистационарности. Свойство линейности. Источники энергии. Простейшие линейные цепи. Метод комплексных амплитуд. Расчёт РС – цепи методом комплексных амплитуд. Метод преобразования Лапласа. Последовательный колебательный контур. Параллельный колебательный контур. Осциллятор в радиофизике. Метод Медленных Амплитуд – в гармоническом приближении. Линейные четырёхполюсники. Связанные колебательные контуры.

Тема 3. Сигналы и спектры

27

Спектр периодического сигнала. Спектр периодической последовательности импульсов. Спектральный анализ непериодического сигнала. Свойства спектров. Конечные аппроксимации сигналов и спектров. Спектральный анализ линейных систем. Оцифровка непрерывных сигналов. Теорема отчетов. Спектр дискретизованного сигнала.

Тема 4. Флуктуации в радиофизических системах.

Понятие случайного процесса и методы его описания. Свойства корреляционной функции стационарного процесса. Энергетический спектр стационарного процесса. Естественные и технические шумы в радиоэлектронных цепях. Прохождение случайных сигналов через линейные цепи. Теорема Винера-Хинчина. Модели шумов. Броуновский осциллятор.

Тема 5. Нелинейные цепи

Нелинейные элементы радиотехнических цепей. Аппроксимация нелинейных характеристик. Воздействие узкополосного сигнала на нелинейную цепь. Воздействие бигармонического сигнала. Модуляция и детектирование сигналов в нелинейных цепях. Преобразование частоты Нелинейный резонанс.

Тема 6. Цепи с переменными параметрами

Принцип параметрического возбуждения. Математическая теория параметрического возбуждения. Параметрические цепи в радиотехнике. Параметрические диоды. Шумы квадратурных компонент параметрического генератора. Вырожденный параметрический генератор. Энергетические соотношения Менли-Роу..

Тема 7. Усиление электромагнитных сигналов

Типы управляющих элементов. Элементарные усилительные ячейки. Специализированные усилители на транзисторах: широкополосные, резонансные, полосовые, повторители. Шумы усилителей. Понятие шумовой температуры. Обратные связи в усилителях.

Тема 8. Генерация электромагнитных сигналов

Положительная обратная связь. Условия генерации электромагнитных колебаний. Мультивибратор, RC – генератор, LC – генераторы гармонических колебаний (84). Мягкий и жесткий режимы генерации. Понятие отрицательного сопротивления.

Тема 9. Выделение сигнала из шума

Детектирование слабых сигналов на шумовом фоне. Метод простого накопления. Принцип априорной информации. Задача оптимальной фильтрации. Фильтрация известного сигнала на фоне «белого шума». Фильтрация сигнала в «окрашенном шуме». Стратегия обнаружения по критерию Неймана –Пирсона.

Тема 10. Цепи с распределёнными параметрами.

Двухпроводная линия. Телеграфные уравнения. Три характерных режима линии. Линия, замкнутая на волновое сопротивление. Линии с комплексной нагрузкой. Входное сопротивление длинной линии. Неоднородная линия. Волноводы, Фазовая и групповая скорости в волноводах..

Тема 11. Антенны

Физические принципы излучения и приёма электромагнитных волн. Типы приемных антенн. Основные характеристики антенн, диаграмма направленности. Параметры приёмной антенны. Симметричный вибратор. Влияние земли и несимметричный вибратор (121). Общая схема радиосвязи Шумовое сопротивление и понятие чувствительности антенн.

Тема 12. Элементы теории информации

Кодирование сигналов. Понятие информации, количественная оценка объема информации. Единицы количества информации Передача информации по каналам связи. Пропускная способность канала связи. Передача при наличии шума. Коды исправления ошибок.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Радиофизика	2	72	34	34	0	38

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Радиофизика» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание, состоящее из двенадцати тем, относящихся к следующим разделам. Линейные радиофизические цепи. Электромагнитные сигналы и спектры. Флуктуации в радиофизических системах. Нелинейные и параметрические цепи. Распределенные радиофизические системы. Антенны. Элементы теории информации

Практические и семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины. Самостоятельная работа, заключается в подготовке к практикуму и семинарским занятиям, на которых закрепляется теоретический материал, полученный на лекциях

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Предмет радиофизики	2	2	-	-	-	Собеседование, опрос
2	Линейные элементы радиотехнических цепей	6	4	-	-	2	
3	Сигналы и спектры	6	2	-	-	4	
4	Флуктуации в радиофизических системах.	6	4	-	-	2	
5	Нелинейные цепи	6	4	-	-	2	
6	Цепи с переменными параметрами	6	2	-	-	4	
7	Усиление электромагнитных сигналов	6	2	-	-	4	
8	Генерация электромагнитных сигналов	6	4	-	-	2	
9	Выделение сигнала из шума.	6	4	-	-	2	
10	Цепи с распределёнными параметрами.	6	2	-	-	4	
11	Антенны	6	2	-	-	4	
12	Элементы теории информации	2	2	-	-	-	
	Промежуточная аттестация	8		-	-	8	Сдача практической работы и задач с последующим собеседованием
ИТОГО:		72	34	0	0	38	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Радиофизика» осуществляется на лекциях, практических и семинарских занятиях и заключается в оценке выполнения заданий, активности участия в опросах и собеседованиях по темам лекционного курса. Оценивается аргументированность позиции, а также широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Радиофизика» проводится в третьем семестре в форме контрольных работ и экзамена. Зачет по контрольной работе в письменной форме. Экзамен в форме собеседования по программе курса с решением задач. Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины См пункт 5
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины См пункт 5
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов См пункт 5
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену Билеты на сайте ГАИШ
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования по стандарту физ.фак.

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
ЗНАТЬ: фундаментальные законы Радиофизики и их взаимосвязь УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов Радиофизики и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов Радиофизики и их взаимосвязей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов Радиофизики и их взаимосвязей	Успешные и систематические знания фундаментальных законов Радиофизики и их взаимосвязей
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки эксперимента Радиофизики УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки эксперимента Радиофизики	В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента Радиофизики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математической обработки эксперимента Радиофизики	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента Радиофизики
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении задач Радиофизики ОПК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении задач Радиофизики	В целом успешное, но не систематическое применение основных математических методов, при решении задач Радиофизики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных математических методов, при решении задач Радиофизики	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении задач Радиофизики
УМЕТЬ: строить теоретические модели механики,	Отсутствие умения строить теоретические модели механики,	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели

используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	используя критически анализ данных	строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	пробелы умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	механики, используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области Радиофизики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области Радиофизики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области Радиофизики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области Радиофизики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области Радиофизики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента
УМЕТЬ: решать типовые задачи Радиофизики ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи Радиофизики	В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые задачи Радиофизики	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи Радиофизики	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи Радиофизики
УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов в Радиофизике ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели физических явлений и процессов в Радиофизике	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов в	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели физических явлений и	Успешное и систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов в Радиофизике

		Радиофизике	процессов в Радиофизике	
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым в Радиофизике УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в Радиофизике	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, применяемым в Радиофизике	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владения математическим аппаратом, применяемым в Радиофизике	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, применяемым в Радиофизике
ВЛАДЕТЬ: методами теоретического исследования явлений и процессов в Радиофизике УК-1.Б В-2	Отсутствие/фрагментарное владение методами теоретического исследования явлений и процессов в Радиофизике	В целом успешное, но не систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в Радиофизике	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владения методами теоретического исследования явлений и процессов в Радиофизике	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в Радиофизике
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения радиофизического эксперимента и обработки его результатов ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками проведения радиофизического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками проведения радиофизического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владения навыками проведения радиофизического эксперимента и обработки его результатов	Успешное и систематическое владение навыками проведения радиофизического эксперимента и обработки его результатов

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Задачи можно найти по адресу: <http://virgo.sai.msu.ru/radiophysics/tasks.gmd>

Пример : Найти взаимную корреляционную функцию между входным и выходным процессами для интегрирующей цепи первого порядка с постоянной времени 2 мс при действии на входе белого шума со спектральной плотностью мощности $W_0 = 10^{-6} \text{ в}^2/\text{Гц}$.

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Билеты к экзамену можно найти по адресу: <http://virgo.sai.msu.ru/radiophysics/bileties.gmd>

Пример: 1. Линейные четырехполюсники. Минимальная шумовая температура четырехполюсника, резонансные явления в связанных контурах. 2. Спектральный анализ стационарных случайных процессов (шумов). 3. Основные характеристики антенн. Площадь тока и действующая высота антенны. Задачи: вариант 2, № 2.3

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

1. Белокопытов Г.В., Белов А.А., Логгинов А.С., Кузнецов Ю.И., Иванов И.В., Ржевкин К.С. Основы Радиофизики. Изд. УРСС, Москва 1996 256 стр. (Университетский курс общей радиофизики).
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы Москва 2006 г. изд. ДРОФА (5-издание); Москва 1977 г. изд. Советское Радио, (3-издание)
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. ч.1, Изд. Советское Радио, 1969 г.
4. Мигулин В. В, Медведев В. И., Мустель Е. Р., Парыгин В. Н.; Основы теории колебаний.. - М.: Наука, 1978. - 392 с

Дополнительная литература.

1. Худяков Г.И. Теорема отсчетов теории сигналов и её создатели. Радиотехника и электроника. 2008. Т. 53, № 9. с. 1157–1168.
2. А.Ушаков. Клод Шенон – создатель теории информации. Control Engineering Россия №2 (62), с 84-86, 2016
3. Общий радиофизический практикум. . Под ред. А.Н. Матвеева, Д.Ф. Киселева. М. Изд. Моск. ун-та. 1991. 272 с.

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.