

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

**Физический факультет  
Кафедра радиофизики**



**Рабочая программа дисциплины**

**ИЗЛУЧЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	108	16	16		54	18	2			2
Всего 108 часа / 3 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,  
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. ....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	5
5. Перечень учебной литературы. ....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	10

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Излучение и распространение радиоволн» предназначена для ознакомления студентов – физиков с основными особенностями формирования поля излучения различными излучающими системами (антеннами) и особенностями распространения радиоволн в различных материальных средах.

Основной целью освоения дисциплины является ознакомление студентов с основными методами расчета параметров рассматриваемых открытых электродинамических систем.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса

- Построение основных математических моделей открытых электродинамических систем;
- Ознакомление с основными методами расчета параметров рассматриваемых систем;
- Анализ физических процессов в рассматриваемых системах.

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области методов расчета параметров, рассматриваемых открытых электродинамических систем и особенностей распространения радиоволн в различных материальных средах. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институтах, в котором студенты планируют проходить научную практику. Материал курса увязывается с общефизическими и математическими дисциплинами, изучаемыми студентами-физиками (электродинамика, высшая алгебра и т.д.) и спецкурсами, параллельно изучающимися по данной специальности (электродинамика СВЧ, физика сплошных сред), а также лабораторными работами, выполняемыми в рамках отдельного практикума («Практикум по электродинамике СВЧ»).

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p>	<p><b>Знать</b> основные понятия и определения, связанные как с самими полями излучения, так и излучающими системами (антеннами), свойства и методы построения математических моделей основных типов рассматриваемых электродинамических систем, особенности распространения радиоволн в атмосфере.</p> <p><b>Уметь</b> выбрать адекватную модель для решения задач по излучению и распространению радиоволн с учетом материальной среды</p> <p><b>Владеть</b> навыками самостоятельной работы с учебной литературой в области излучения и распространения радиоволн; математическим</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		аппаратом для расчета основных параметров излучающих электродинамических систем.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Излучение и распространение радиоволн» реализуется кафедрой радиофизики в весеннем семестре 3-го курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика и является одной из профессиональных дисциплин по выбору. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 академических часа.

Дисциплина опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;
- Высшая алгебра;
- Функциональный анализ;
- Электричество и магнетизм;
- Электродинамика

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Практикум по электродинамике СВЧ

## 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	108	16	16		54	18	2			2
Всего 108 часа / 3 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, консультация, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: опрос в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, задания для самостоятельного решения и проверка их выполнения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

- лекции – 16 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 54 часа;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекции, практические занятия, консультация, экзамен) составляет 36 часов.

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Излучение и распространение радиоволн» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-ом курсе физического факультета НГУ в шестом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Основы теории излучения	1-4	20	4	4	12	
2	Элементарные излучатели	5-6	10	2	2	6	
3	Системы элементарных излучателей	7-8	10	2	2	6	
4	Характеристики излучателей	9-10	10	2	2	6	
5.	Общие вопросы распространения радиоволн	11-12	10	2	2	6	
6.	Распространение радиоволн над поверхностью Земли	13	8	1	1	6	
7	Распространение радиоволн в тропосфере	14-15	10	2	2	6	
8	Распространение радиоволн в ионосфере	16	8	1	1	6	
9.	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18
10	Консультации перед экзаменом (часов)		2				2
11	Экзамен		2				2
<b>Всего</b>			<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>22</b>

## **Программа и основное содержание лекций (16 часов)**

### **Раздел 1. Основы теории излучения (4 часа)**

Объемные электрические и магнитные источники электромагнитного поля. Электродинамические потенциалы. Запаздывающие потенциалы. Принцип двойственности. Выражения электромагнитных полей через запаздывающие потенциалы. Поверхностные источники электромагнитного поля. Принцип Гюйгенса-Кирхгофа. Обобщение формулы Кирхгофа для векторных полей с учетом источников. Поля произвольной системы токов. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.

### **Раздел 2. Элементарные излучатели (2 часа)**

Элементарный электрический вибратор (диполь Герца). Элементарный магнитный вибратор. Элемент Гюйгенса. Щелевой вибратор.

### **Раздел 3. Системы элементарных излучателей (2 часа)**

Простейшие совокупности элементарных излучателей. Симметричные вибраторы. Нагруженный вибратор. Цепочка синфазных излучателей. Решетка синфазных вибраторов. Поле двух вибраторов. Рефлектор и директор. Влияние Земли на диаграмму направленности линейного излучателя.

### **Раздел 4. Характеристики излучателей (2 часа)**

Параметры передающих антенн и методы их расчета. Параметры электрического режима работы антенны. Параметры технико-экономической эффективности. Параметры качества. Сопротивление потерь. Частотная зависимость сопротивлений. Входное сопротивление антенны. Сопротивление настройки. Коэффициент направленного действия. Коэффициент полезного действия. Коэффициент усиления. Частотные характеристики и полоса пропускания антенн. Основы теории приема радиоволн. Характеристики приемных антенн.

### **Раздел 5. Общие вопросы распространения радиоволн (2 часа)**

Основные определения. Характер распространения радиоволн разных диапазонов. Распространение плоских радиоволн в полупроводящей среде. Неоднородные плоские волны.

### **Раздел 6. Распространение радиоволн над поверхностью Земли (1 час)**

Приближенные граничные условия Леонтовича. Участок поверхности, существенный при отражении. Объем пространства, существенный при распространении радиоволн. Распространение радиоволн при поднятых антеннах. Интерференционная формула. Квадратичная формула Введенского. Структура поля радиоволны в месте приема. Влияние сферичности Земли. Дифракционная задача. Распространение радиоволны над неоднородной плоской поверхностью. Учет неровностей. Критерий Релея.

### **Раздел 7. Распространение радиоволн в тропосфере (2 часа)**

Строение тропосферы. Тропосферная рефракция. Сверхрефракция. Рассеяние радиоволн в тропосфере.

### **Раздел 8. Распространение радиоволн в ионосфере (1 час)**

Структура ионосферы. Тензор диэлектрической проницаемости. Распространение плоских волн в однородной изотропной ионизированной среде. Показатель преломления и поглощения. Волны в однородной магнитоактивной плазме, продольное распространение, поперечное распространение. Распространение электромагнитных волн в неоднородной среде. Приближение геометрической оптики. Решение волнового уравнения для линейного слоя. Распространение импульсов в плазменной среде. Методы исследования ионосферы. Нелинейные эффекты.

## Программа практических занятий (16 часов)

*Занятие 1.* Классификация радиоволн по способу распространения. Распространение волн в свободном пространстве. Влияние проводящих поверхностей на условия распространения. Понятие множителя ослабления. (2 часа)

*Занятие 2.* Электромагнитные поля излучающих систем в дальней, промежуточной и ближней зонах. Амплитудные, поляризационные и фазовые свойства поля излучения. Диаграмма направленности. (2 часа)

*Занятие 3.* Конструкции антенн: вибраторные, щелевые, апертурные, антенны бегущей волны, частоно-независимые антенны. (2 часа)

*Занятие 4.* Измерение электрических параметров антенн: измерение входного сопротивления антенн, измерение диаграммы направленности, измерение коэффициента усиления антенн, измерение поляризационной характеристики. (1 час)

*Занятие 5.* Радиотрассы и их модели. Земная волна. (1 час)

*Занятие 6.* Длинные и сверхдлинные волны: особенности распространения, конструкции антенн. Средние волны: особенности распространения, конструкции антенн. (2 часа)

*Занятие 7.* Короткие волны. Особенности распространения: замирания, зоны молчания, эхо, влияние солнечной активности. Конструкции коротковолновых антенн (2 часа).

*Занятие 8.* Ультракороткие волны: метровые, дециметровые, сантиметровые и миллиметровые. Особенности распространения. Конструкции антенн. (2 часа)

*Занятие 9.* Строение ионосферы. Образование ионизированных областей в реальной атмосфере. Распространение радиоволн в однородном ионизированном газе. Распространение радиоволн в однородном ионизированном газе при наличии постоянного магнитного поля земли. (2 часа)

## Самостоятельная работа студентов (72 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение, повторение теоретического материала лекций в течении семестра	18
Задания для самостоятельного решения	18
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	18
Подготовка к экзамену	18

### Задания для самостоятельного решения (18 часов)

1. Вычислить комплексный вектор Пойнтинга в ближней зоне и мгновенное значение вектора Пойнтинга в дальней зоне элементарного электрического вибратора.
2. Вычислить напряженность поля от изотропной антенны (коэффициент усиления равен единице), излучающей в свободном пространстве мощность 10 Вт на расстоянии 1 км.
3. Коэффициент затухания в кабеле на частоте 500 МГц составляет 0,25 дБ/м. В каком случае на входе приемного устройства будет выше уровень сигнала для связи двух объектов, разнесенных на расстояние 500 м, если в качестве средства связи использовать в одном случае радиочастотный кабель, а в другом - радиомодем? В радиомодеме использованы антенны с коэффициентом усиления 15 дБ.
4. Вычислить комплексную диэлектрическую проницаемость пресной воды (при температуре 20° С) на частоте 10 ГГц. Найти тангенс угла электрических потерь.
5. Полуволновый прямолинейный электрический вибратор наклонен к плоской поверхности раздела двух сред под углом 45°. Построить зеркальное изображение вибратора. Написать выражение тока зеркального изображения.
6. Определить продольную составляющую поля на границе раздела, если нормальная составляющая напряженности поля волны на границе раздела 10 мВ/м, частота  $f = 600$  кГц, почва с параметрами  $\epsilon = 80$ ,  $\sigma = 4$  См/м.

7. Напряженность поля горизонтальной поляризации в точке приема составляет 10 мВ/м. Каков уровень напряженности поля вертикальной поляризации, если подстилающая поверхность: а) сухая почва; б) морская вода? Частота колебаний 200 кГц.
8. Плоская волна падает из воздуха на плоскую границу раздела с латуной. Вычислить поверхностный импеданс на частотах 300 МГц и 3 ГГц.
9. Определить напряженность электрического поля в ночные часы, создаваемого на расстоянии 1200 км антенной, работающей на частоте 850 кГц с мощностью излучения 200 кВт и коэффициентом направленного действия 1.5
10. Выбрать размеры коаксиальной линии для обеспечения одноволнового режима на частоте 50 МГц и рассчитать размеры ее поперечного сечения, если волновое сопротивление должно быть равно 50 Ом (диэлектрик - полистирол).
11. Рассчитать коэффициент затухания поля в двухпроводной воздушной линии на частоте, равной 100 кГц, если радиус стальных проводов равен 2 мм, расстояние между проводами равно 0,4 м.
12. Линейно поляризованная волна распространяется в ионосфере Земли вдоль подмагничивающего поля. Вычислить длину пути, на которой плоскость поляризации поворачивается на 90° на частоте 5 МГц, если электронная плотность равна  $10^5$  эл/см<sup>3</sup>,  $\nu = 0$ .

**Темы для самостоятельного изучения теоретического материала по курсу «Излучение и распространение радиоволн» (18 часов)**

1. Телеграфные уравнения. Трансформация сопротивлений. Короткозамкнутая линия. Линия, разомкнутая на конце. Диаграмма Смита. Согласование с неизвестным  $Z_x$  в общем случае.
2. Эквивалентная схема замещения симметричного вибратора: двухпроводная линия с потерями, разомкнутая на конце.
3. Конструкции антенн: вибраторные, щелевые, апертурные, антенны бегущей волны, частотно-независимые антенны.
4. Особенности распространения длинных и средних радиоволн. Антенны длинных и средних радиоволн: П-образные длинноволновые антенны. Т- и Г-образные антенны средних и длинных волн. Антенные мачты средневолнового диапазона. Щелевые средневолновые антенны. Приемные антенны средних и длинных волн.
5. Излучение коротких волн. Особенности распространения коротких волн. Простые коротковолновые вибраторы настроенного и диапазонного типа. Сложные коротковолновые антенны настроенного и диапазонного типа. Ромбические коротковолновые антенны.
6. Излучение ультракоротких волн. Излучение волновода прямоугольного сечения. Рупорные антенны. Распределение фаз в раскрыве рупора. Коррекция фазы в раскрыве рупора. Линзовые антенны.

**5. Перечень учебной литературы.**

**5.1. Основная литература**

1. Основы теории антенн и распространения радиоволн: учебное пособие / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, М. Ю. Сподобаев, Ю. М. Сподобаев ; под редакцией В. П. Кубанов. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 257 с. — ISBN 978-5-9912-0152-0. URL: <http://www.iprbookshop.ru/71866.html>
2. Общая теория радиолокации и радионавигации. Распространение радиоволн: учебник / А. Н. Фомин, В. А. Копылов, А. А. Филонов, А. В. Андронов ; под редакцией А. Н. Фомина. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. — 318 с. — ISBN 978-5-7638-3738-4. URL: <http://www.iprbookshop.ru/84268.html>
3. Карлинер М.М. Электродинамика СВЧ: Курс лекций. 2-е изд., испр. / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2006. 258 с. URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2005/nsu118.pdf>



## 5.2. Дополнительная литература

1. Мандель, А. Е. Распространение радиоволн: учебное пособие / А. Е. Мандель, В. А. Замотринский. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 163 с. — ISBN 2227-8397. URL: <http://www.iprbookshop.ru/13969.html>
2. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.; 1967.
3. Пониматкин, В. Е. Антенно-фидерные устройства систем связи : учебное пособие / В. Е. Пониматкин, А. А. Шпилевой. — Калининград : Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2010. URL: <http://www.iprbookshop.ru/23761.html>
4. Основы теории антенн и распространения радиоволн : учебное пособие / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, М. Ю. Сподобаев, Ю. М. Сподобаев ; под редакцией В. П. Кубанов. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 257 с. — ISBN 978-5-9912-0152-0. URL: <http://www.iprbookshop.ru/71866.html>
5. Андрусевич, Л. К. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Л. К. Андрусевич, А. А. Ишук. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009. — 207 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/54807.html>
6. Шебалкова, Л. В. Электродинамика, антенны и СВЧ-устройства СБЛ : учебно-методическое пособие / Л. В. Шебалкова, В. Б. Ромодин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 75 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/99247.html>

## 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

Лабораторные работы по Электродинамике СВЧ:

[http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF\\_labs/lab\\_prakt.doc](http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/lab_prakt.doc)

[http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF\\_labs/Lab\\_03\\_2010.doc](http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/Lab_03_2010.doc)

[http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF\\_labs/Lab\\_09\\_2011.doc](http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/Lab_09_2011.doc)

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### 7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

### 7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

1. Для реализации дисциплины «Излучение и распространение радиоволн» используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля, промежуточной аттестации.

Учебные аудитории укомплектованы техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра: опрос в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, проверка выполнения заданий для самостоятельного решения.

#### ***Промежуточная аттестация***

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области излучения и распространения радиоволн в профессиональной деятельности.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

**Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины**

**Таблица 10.1**

<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	<b>Знать</b> основные понятия и определения, связанные как с самими полями излучения, так и излучающими системами (антеннами), свойства и методы построения математических моделей основных типов рассматриваемых электродинамических систем, особенности распространения радиоволн в атмосфере. <b>Уметь</b> выбрать адекватную модель для решения задач по излучению и распространению радиоволн с учетом материальной среды	Проведение контрольных работ, экзаменов.
<b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	<b>Владеть</b> навыками самостоятельной работы с учебной литературой в области излучения и распространения радиоволн; математическим аппаратом для расчета основных параметров излучающих электродинамических систем.	Проведение контрольных работ, экзаменов.

**10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Излучение и распространение радиоволн».**

**Таблица 10.2**

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.

				на дополнительные вопросы.	
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продemonстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продemonстрированы знания по решению нестандартных задач.

### 10.3 Перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Излучение и распространение радиоволн»:

#### Тема №1 «Основы теории излучения»

- 1.1. Электродинамические потенциалы.
- 1.2. Запаздывающие потенциалы.
- 1.3. Принцип двойственности.
- 1.4. Принцип Гюйгенса-Кирхгофа.
- 1.5. Поля произвольной системы токов.
- 1.6. Лемма Лоренца.
- 1.6. Теорема Взаимности.

#### Тема №2 «Элементарные излучатели»

- 2.1. Элементарный электрический вибратор (диполь Герца).
- 2.2. Элементарный магнитный вибратор.
- 2.3. Элемент Гюйгенса.

#### Тема №3 «Системы элементарных излучателей»

- 3.1. Цепочка синфазных излучателей.
- 3.2. Решетка синфазных излучателей.
- 3.3. Поле двух вибраторов. Рефлектор и директор.
- 3.4. Свернаправленность.
- 3.5. Влияние полубесконечной проводящей поверхности на диаграмму направленности.

#### Тема №4 «Характеристики излучателей»

- 4.1. Коэффициент направленного действия.
- 4.2. Коэффициент усиления.
- 4.3. Коэффициент полезного действия.
- 4.4. Диаграмма направленности.
- 4.5. Сопротивление излучения.
- 4.6. Входное сопротивление.

4.7. Частотные характеристики и полоса пропускания антенн.

Тема №7 «Распространение радиоволн в тропосфере»

7.1. Строение тропосферы.

7.2. Тропосферная рефракция.

7.3. Сверхрефракция.

7.4. Рассеяние радиоволн в тропосфере

Тема №8 «Распространение радиоволн в ионосфере»

8.1. Структура ионосферы.

8.2. Методы исследования ионосферы.

8.3. Образование ионизированных областей в реальной атмосфере

8.4. Показатель преломления и поглощения.

8.5. Распространение импульсов в плазменной среде.

8.6. Нелинейные эффекты.

**Пример экзаменационного билета**

1. Электродинамические потенциалы. Поверхностные источники электромагнитного поля.

2. Строение тропосферы. Тропосферная рефракция. Рассеяние радиоволн в тропосфере.

**Форма экзаменационного билета представлена на рисунке**

<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> <i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) Физический факультет</i>	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____</b>	
1 .....	
2 .....	
Составитель (подпись)	_____ /Ф.И.О. преподавателя/  « ____ » _____ 20 г.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Излучение и распространение радиоволн»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного