



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.04.02 Распространение радиоволн в неоднородных средах

Направление подготовки 03.03.03 «Радиофизика»

Тип образовательной программы академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 25 от «21» апреля 2020 г.
Председатель _____ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8
От «20» марта 2020 г.
И.О.Зав. кафедрой _____ Колесник С.Н.

Иркутск 2020 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля):	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП:	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля).....	4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	4
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	6
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	6
6.1. План самостоятельной работы студентов	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	9
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	9
а) основная литература.....	9
б) дополнительная литература.....	9
в) программное обеспечение	9
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	10
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	10
10. Образовательные технологии:.....	10
11. Оценочные средства (ОС):	10
11.1. Оценочные средства для входного контроля	10
11.2. Оценочные средства текущего контроля.....	10
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).	12
Приложение 1. Пример билета для зачета и вопросы к зачету.....	14

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цель курса – обеспечить студента знаниями из области распространения радиоволн в неоднородных средах, необходимыми для проектирования и применения радиотехнических схем и устройств, используемых в приборах, лабораторных установках, системах для научных исследований и т.д.

Задачи курса – ознакомить студента с основами современной теории распространения радиоволн, с методами решения волновых и лучевых задач.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

В структуре ОПОП дисциплина входит в вариативную часть общенаучного цикла ОПОП. Математической основой курса являются разделы курса высшей математики: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, дифференциальные уравнения, теория функций комплексной переменной, методы математической физики и теория вероятностей. Курс является продолжением курсов «Распространение электромагнитных волн» и «Статистическая радиофизика».

Полученные в процессе изучения курса знания и навыки могут быть использованы для изучения дисциплин «Спутниковые системы радионавигации» и «Излучение и распространение радиоволн», а также во время прохождения производственной практики, выполнения выпускной квалификационной работы, дальнейшей профессиональной работе.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции (ПК):

- ПК-1 - способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
- ПК-2 - способностью использовать основные методы радиофизических измерений

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ПК-1	основы теории распространения радиоволн в неоднородных средах
ПК-2	методы расчета неоднородных трасс, их ошибки и области применимости

Уметь:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ПК-1	использовать новые результаты теории распространения радиоволн
ПК-2	использовать модели сигнала в неоднородных средах

Владеть:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ПК - 1	навыками постановки и решения задач распространения волн в неоднородных средах
ПК-2	методами расчета характеристик волн в неоднородных средах

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
				7	
Аудиторные занятия (всего)	64/1,77			64/1,77	
Из них объем занятий с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий	-	-	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	16/0,44			16/0,44	
Практические занятия (ПЗ)	16/0,44			16/0,44	
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	32/0,89			32/0,89	
Самостоятельная работа (всего)	80/2,23			80/2,23	
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	80/2,23			80/2,23	
Вид промежуточной аттестации (<i>зачет</i>)					
Контактная работа (всего)	72/2			72/2	
Общая трудоемкость	часы			144	
	зачетные единицы	4		4	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. Введение. Распространение волн в однородной среде.

- 1.1. Уравнения Максвелла
- 1.2. Спектр сигнала.
- 1.3. Параметры среды распространения.
- 1.4. Волновое уравнение.
- 1.5. Потенциалы. Уравнение Гельмгольца.
- 1.6. Функция Грина.
- 1.7. Плоские волны.
- 1.8. Сферическая волна и ее интегральные представления.
- 1.9. Метод стационарной фазы.
- 1.10. Поле элементарного диполя.
- 1.11. Использование функции Грина.
- 1.12. Радиосигнал в однородной среде.
- 1.13. Энергетические соотношения.
- 1.14. Модификации постановки задачи распространения волн в неоднородных средах.

Раздел 2. Однократное рассеяние волн в неоднородных средах

- 2.1. Борновское приближение в волновой задаче.
- 2.2. Однократно рассеянное поле в дальней зоне.
- 2.3. Примеры однократного рассеяния.
- 2.4. Рассеяние на вытянутой неоднородности.
- 2.5. Рассеяние на метеорном следе.

- 2.6. Рассеяние на сплюснутой неоднородности.
- 2.7. Рассеяние в случайно неоднородной среде.
- 2.8. Средняя интенсивность и функции корреляции рассеянного поля.

Раздел 3. Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах

- 3.1. Слоистые среды.
- 3.2. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ).
- 3.3. Нормальное падение плоской волны на плоскостойкую среду.
- 3.4. Наклонное падение плоской волны на плоский слой.
- 3.5. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
- 3.6. Решение уравнения эйконала методом характеристик.
- 3.7. Лучевые уравнения.
- 3.8. Амплитуда волны.
- 3.9. Многолучевость и каустики.
- 3.10. Радиосигнал в неоднородной среде.
- 3.11. Методы решения лучевых задач.
- 3.12. Лучи в плоскостойких средах. Линейный безграничный слой. Кусочно-линейный профиль. Параболический (бесконечный) слой. Параболический слой конечной ширины. Волноводное распространение.
- 3.13. Теория возмущений в геометрооптических задачах. Решение уравнения эйконала методом возмущений.
- 3.14. Метод возмущений в траекторных задачах.

Раздел 4. Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде

- 4.1. Средние характеристики геометрооптической волны в случайно неоднородной среде.
- 4.2. Пространственные, частотные и временные функции корреляции.
- 4.3. Применение приближения геометрической оптики для исследования влияния ионосферных неоднородностей на точность двухчастотных систем глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).
- 4.4. Формулы первого приближения для ГНСС, двухчастотные ГНСС.
- 4.5. Формулы второго приближения, ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС.
- 4.6. Статистические характеристики ионосферных остаточных ошибки двухчастотных ГНСС.

Раздел 5. Метод плавных возмущений

- 5.1. Решение параболического уравнения методом плавных возмущений.
- 5.2. Анализ решения и его связи с результатами геометрооптического приближения и теории однократного рассеяния.
- 5.3. Статистические характеристики волны в режиме слабых флуктуаций интенсивности.
- 5.4. Второе приближение метода плавных возмущений.
- 5.5. Ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС с учетом дифракционных эффектов.
- 5.6. Возможности многочастотных ГНСС в устранении ионосферных ошибок.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
		Тема 4	Тема 5			
1.	Спутниковые системы радионавигации	Тема 4	Тема 5			
2.	Излучение и распространение радиоволн	Тема 1	Тема 2	Тема 3		
3.	НИР	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5
4.	Государственная итоговая аттестация (государственный экзамен)	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1	Р1. Введение. Распространение волн в однородной среде	2	2		4	12	20
2	Р2. Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	2	2		4	14	22
3	Р3. Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	4	4		6	16	30
4	Р4. Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	4	4		10	18	36
5	Р5. Метод плавных возмущений	4	4		8	20	36

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Р1. Введение. Распространение волн в однородной среде	Решение уравнений Максвелла. Виды волн (ПЗ.1)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2
2	Р2. Однократное рассеяние волн в	Применение Борновского приближения Рассеяние на	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2

	неоднородных средах	неоднородностях. (ПЗ.2)			
3	Р3. Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	Метод характеристик (ПЗ.3)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2
		Лучевые уравнения (ПЗ.4)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2
4	Р4. Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	Определение характеристик сигнала в различных однородных и неоднородных средах (ПЗ.5)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2
		Пространственные, частотные и временные функции корреляции. (ПЗ.6)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2
5	Р5. Метод плавных возмущений	Применение метода плавных возмущений (ПЗ. 7)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2
		Решение параболического уравнения методом плавных возмущений. (ПЗ. 8)	2	Практические задания	ПК-1 ПК-2

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1 - 4	Р1. Введение. Распространение волн в однородной среде	Внеаудиторная Аудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок - обсуждение вопросов по теме лекций; - решение практических заданий	Источники основной и дополнительной литературы	12
5 - 7	Р2. Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок	Источники основной и дополнительной литературы	14

		Аудиторная	- обсуждение вопросов по теме лекций; -решение практических заданий		
8 - 12	Р3. Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	Внеаудиторная Аудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок - обсуждение вопросов по теме лекций; -решение практических заданий	Источники основной и дополнительной литературы	16
13 - 16	Р4. Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	Внеаудиторная Аудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок - обсуждение вопросов по теме лекций; -решение практических заданий	Источники основной и дополнительной литературы	18
17- 21	Р5. Метод плавных возмущений	Внеаудиторная Аудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок - обсуждение вопросов по теме лекций; -решение практических заданий	Источники основной и дополнительной литературы	20

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

а) Методические рекомендации по изучению теоретической части учебного модуля

Теоретические занятия учебного модуля представлены в виде лекций.

Цель лекций – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом дисциплины.

Задачи лекций – дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить студентам основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде.

Структура и содержание основных разделов (приведена в рабочей программе учебного модуля, раздел 5.1)

Методы и средства проведения теоретических занятий

При изучении учебного модуля студенты должны посещать лекции, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам и электронным ресурсам вопросы, указанные преподавателем.

Отличительной особенностью данной дисциплины является большой объем математических выкладок. В ходе лекций предполагается рассматривать только их основные положения, а подробный вывод оставляется для внеаудиторной СРС.

б) Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения (параллельно с лекциями) предлагаются темы изучаемых разделов и график их изучения.

Оценка самостоятельной работы студентов осуществляется в ходе обсуждений вопросов по материалам лекций.

Для подготовки к обсуждениям рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в разделе 8 и распределенной по темам изучения в разделе 6.1.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены учебным планом

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Иванов, Всеволод Борисович. Теория волн [Текст] : курс лекций / В. Б. Иванов ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 209 с. : граф. ; 20 см. - Библиогр.: с. 209 (69 экз.).

2. Тинин, Михаил Валентинович. Распространение радиоволн в неоднородных средах [Текст] : учеб. пособие / М. В. Тинин ; рец.: В. Б. Иванов, В. И. Куркин ; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 20 см. - ISBN 978-5-9624-0614-5. Ч. 1 : Методы возмущений в волновых и лучевых задачах. - 2012. - 163 с. - Библиогр.: с. 163. - ISBN 978-5-9624-0615-2 (21 экз.).

б) дополнительная литература

1. Соловьянова И.П., Шабунин С.Н. Теория волновых процессов: Акустические волны: Учебной пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. - 142 с. (<http://window.edu.ru/resource/432/28432>).

2. Соловьянова И.П., Наймушин М.П. Теория волновых процессов. Электромагнитные волны: Учебное пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. - 131 с. (<http://window.edu.ru/resource/639/28639>).

в) программное обеспечение

пакет MODELUS.

- г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
- на сайте ИГУ www.isu.ru и физического факультета ИГУ,
- интернет ресурсы в свободном доступе.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Ведение практических занятий сопровождается демонстрацией информации (мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материалов).

10. Образовательные технологии:

Часть самостоятельной работы занимает выполнение промежуточных математических выкладок для закрепления наиболее значимых и сложных тем дисциплины.

Применяется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении лекций.

11. Оценочные средства (ОС):

В развернутом виде ФОС приведены в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля.

Не предусмотрены

11.2. Оценочные средства текущего контроля.

11.2.1 Перечень оценочных средств

Назначение оценочных средств ТК – выявить сформированность компетенций (ПК-1, ПК-2). Ниже приведен перечень оценочных средств текущего контроля:

1. Устные опросы бакалавров по материалам лекций.
2. Решение практических заданий.

3. собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к зачету требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе, получив при этом отметку о сдаче.

11.2.2 Характеристика оценочных средств

1. Обсуждение вопросов по теме лекций.

Назначение обсуждений - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента является активное участие студента в обсуждении, участие в постановке вопросов и нахождения ответов на них.

Обсуждение вопросов проводится в виде беседы.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	1 час
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	неограниченно
Критерии оценки:	
«5», если	Студент демонстрирует готовность ответить на заданные вопросы, правильно отвечает на все

	поставленные вопросы, активно участвует в постановке вопросов, предъявляет полный объем математических выкладок, выполненных во время СРС
«4», если	Студент не демонстрирует готовность ответить на заданные вопросы, правильно отвечает на все поставленные вопросы, не проявляет инициативу в постановке вопросов для обсуждения, предъявляет неполный объем математических выкладок, выполненных во время СРС
«3», если	Студент неохотно отвечает на поставленные вопросы, ошибается при ответе, не проявляет инициативу в постановке вопросов для обсуждения, не предъявляет результатов математических выкладок, выполненных во время СРС

2. Решение практических заданий

Назначение оценочного средства и процесса защиты отчетов о выполнении практических заданий - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента является получение им балла, превышающего пороговое значение в 4 балла за один отчет.

Параметры оценочного средства

Критерии оценки	Оценка		
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания (7-8 баллов)	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки (5 -6 баллов)	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки (3 -4 балла)
Сдача отчета	Задание выполнено и сдано в срок (2 балла)		Задание сдано с задержкой (1 балл)

Итоговая оценка за выполнение практического задания вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему 9 - 10 баллов, «хорошо» выставляется студенту, набравшему 6 - 8 баллов, «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему 4 - 5 баллов.

3. Собеседование во время лабораторных работ

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
11.	Собеседование при защите отчета	Моделирование напряжённостей магнитного и электрического поля на основе уравнений Максвелла	ПК-1, ПК-2
22.	Собеседование при защите отчета	Моделирование поля рассеянной волны в борновском приближении	ПК-1, ПК-2
33.	Собеседование при защите отчета	Моделирование поля рассеянной волны в неоднородной среде в приближении ГО	ПК-1, ПК-2
44.	Собеседование при	Моделирование характеристик	ПК-1, ПК-2

	защите отчета	сигнала в различных однородных и неоднородных средах	
55.	Собеседование при защите отчета	Моделирование характеристик сигнала в различных однородных и неоднородных средах в приближении плавных возмущений	ПК-1, ПК-2

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета (см. перечень вопросов к зачету в приложении 1).

К **зачету** допускается студент, выполнивший все виды текущего контроля на положительную оценку.

Зачет проводится во время зачетной недели.

Форма проведения **зачета** – письменный по билетам. Зачет проводится во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием. При проведении зачета в аудиториях студенты рассаживаются по 1 человеку на 1 парту.

Билет состоит из двух теоретических вопросов. Задания (билеты) для приема зачета выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе зачета. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к зачету приведены в приложении 2.

Показатели и критерии выставления оценки ответа на теоретические вопросы на зачете приведены в таблице на следующей странице.

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания (9 -10 баллов)	Знание материала в пределах программы (7 -8 баллов)	Отмечены пробелы в усвоении программного материала (5 -6 баллов)	Не знает основное содержание дисциплины (менее 5 баллов)
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются (7 -8 баллов)	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы (5 -6 баллов)	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные (3 -4 баллов)	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы (менее 3 баллов)
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию

	терминологию (4 балла)	(3 балла)		ю терминологию (менее 2 баллов)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения (3 балла)	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки (2 балла)	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала (1 балл)	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0 баллов)

Стоит отметить, что при получении оценки «неудовлетворительно» хотя бы по одному критерию, студент считается несдавшим зачет по дисциплине и направляется на повторную сдачу.

Итоговая оценка вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Зачет получает студент, набравший суммарно 12 и более баллов.

Разработчики:



профессор, д.ф.-м.н.

М.В. Тинин

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «20» марта 2020 г.

Протокол № 8 И.О.Зав. кафедрой



Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Приложение 1. Пример билета для зачета и вопросы к зачету



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования**

**«Иркутский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

физический

(название факультета
(института))

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета (директор института)

« _____ » _____ 20 ____ г.

БИЛЕТ № 1

зачет по дисциплине

«Распространение радиоволн в неоднородных средах Ч.1»

1. Решение уравнения эйконала методом характеристик.
2. Лучи в параболическом (бесконечном) слое.

Линия разреза-----

Перечень вопросов к зачету:

1. Уравнения Максвелла, волновое уравнение
2. Потенциалы
3. Уравнение Гельмгольца
4. Функция Грина и ее использование
5. Борновское приближение в волновой задаче.
6. Однократно рассеянное поле в дальней зоне
7. Однократное рассеяние на изотропной (изомерной) гауссовой неоднородности
8. Рассеяние в случайно неоднородной среде
9. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ). Нормальное падение плоской волны на плоскостойкую среду
10. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ). Наклонное падение плоской волны на плоскостойкую среду
11. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
12. Решение уравнения эйконала методом характеристик
13. Лучевые уравнения
14. Амплитуда волны в геометрооптическом приближении
15. Многолучевость и каустики.
16. Радиосигнал в неоднородной среде.
17. Решение лучевых задач
18. Лучи в плоскостойких средах
19. Лучи в линейном безграничном слое

20. Лучи в кусочно-линейном профиле
21. Лучи в параболическом (бесконечном) слое
22. Лучи в параболическом слое конечной ширины
23. Лучи при волноводном распространении
24. Применение метода возмущений в геометрическом приближении теории распространения волн в неоднородных средах
25. Средние характеристики геометрической волны в случайно неоднородной среде
26. Статистические характеристики ионосферных остаточных ошибок двухчастотных ГНСС.
27. Метод плавных возмущений (метод Рытова)
28. Дифракционные эффекты в остаточной ионосферной ошибке.
29. Статистические характеристики остаточной ошибки