



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Декан ~~_____~~ Буднев Н.М.

«02» апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.О.22 Распространение электромагнитных волн

Направление подготовки 03.03.03. Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки Радиоинжиниринг и телекоммуникации

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8 от «24» февраля 2025 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2025 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	4
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине	5
4.3. Содержание учебного материала	6
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	6
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	7
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	8
VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	8
6.2. Программное обеспечение:.....	8
6.3. Технические и электронные средства:.....	8
VII.ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	9
VIII.ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	9

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

Содержание дисциплины направлено на изучение классических и современных представлений об основных понятиях и закономерностях электромагнитных волновых процессов, протекающих в природных средах. При изучении дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение теоретических основ распространения электромагнитных волн.
- овладение методами расчета характеристик и пространственно-временной структуры электромагнитного поля.
- формирование у студентов умений и навыков самостоятельного применения полученных знаний при построении математических моделей волновых явлений.
- овладение практическими навыками и приемами оценки характеристик электромагнитного поля в различных средах.

Учебная программа ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию электромагнитной природы окружающих явлений и на приобретение навыков самостоятельного изучения фундаментальных основ науки и их приложений.

Задачи:

Задачи курса – научить студентов ориентироваться в задачах распространения электромагнитных волн, а также использовать методы описания распространения электромагнитных волн в своей профессиональной деятельности.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Распространение электромагнитных волн» входит в базовую часть обязательных дисциплин.

Дисциплина базируется на содержании следующих дисциплин, изучаемых в период подготовки бакалавров: математический анализ, дифференциальные уравнения, электродинамика, теория колебаний.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности) 03.03.03 Радиофизика

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ИДК _{ОПК1.2} Применяет базовые знания в области физики и радиофизики для решения прикладных задач профессиональной деятельности	Знать: Теоретические основы распространения электромагнитных волн Уметь: использовать методы расчета характеристик электромагнитного поля для решения исследовательских задач. Владеть: навыками и приемами оценки характеристик распространения электромагнитных волн в различных средах при решении прикладных задач.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов,
в том числе 17 часов на экзамен.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа (в том числе, внеаудиторная СР, КСР)	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	5	16		4	4		8	
2	Т1. Основные понятия теории распространения радиоволн (РРВ).	5	20,2		6	6	0,2	8	Письменный текущий контроль
3	Т2. Поляризация электромагнитных волн	5	20,2		6	6	0,2	8	Письменный текущий контроль.
4	Т3. Электромагнитные волны в свободном пространстве	5	20,2		6	6	0,2	8	Письменный текущий контроль.

5	Т4. Падение электромагнитной волны на границу раздела двух изотропных сред.	5	20,2		6	6	0,2	8	Письменный текущий контроль.
6	Т5. Электромагнитные волны в неоднородных средах	5	20,2		6	6	0,2	8	Письменный текущий контроль.
7	Экзамен	5	17						5 семестр

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Введение	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-я нед	8	Письменный текущий контроль.	
	Т1. Основные понятия теории распространения радиоволн (РРВ).		1-3	8		
	Т2. Поляризация электромагнитных волн		3-6	8		
	Т3. Электромагнитные волны в свободном пространстве		6-9	8		
	Т4. Падение электромагнитной волны на границу раздела двух изотропных сред.		10-13	8		
	Т5. Электромагнитные волны в неоднородных средах		13-17	8		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				48		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)				0		

4.3. Содержание учебного материала

Введение

Т1. Основные понятия теории распространения радиоволн (РРВ).

Уравнения Максвелла. Поперечные электромагнитные волны. Фазовая скорость. Групповая скорость. Волновое число. Плоская волна. Сферическая волна. Фазовая плоскость. Волновой пакет.

Т2. Поляризация электромагнитных волн.

Линейная, круговая, эллиптическая поляризация. Уравнение движения вектора напряженности электрического поля. Преобразование линейно поляризованной волны в волны с круговой поляризацией.

Т3. Электромагнитные волны в свободном пространстве.

Волновое уравнение. Решение уравнения Гельмгольца для плоской и сферической волны. Функция Грина. Принцип суперпозиции. Эффект Доплера. Дисперсия электромагнитных волн.

Т4. Падение электромагнитной волны на границу раздела двух изотропных сред. Уравнения для напряженностей электрического и магнитного полей. Закон Снеллиуса. Коэффициенты отражения и преломления.

Т5. Электромагнитные волны в неоднородных средах

Волновое уравнение в слоистой среде. Метод геометрической оптики. Уравнения эйконала и переноса. Лучевые уравнения. Рефракция электромагнитных волн в неоднородных средах.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	В	ПЗ1. Решение задач по В	4		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
2	Т1	ПЗ2. Решение задач по Т1.	3		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
3	Т1	ПЗ3. Решение задач по Т1.	3		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
4	Т2	ПЗ4. Решение задач по Т3. различения сигналов	3		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
5	Т2	ПЗ5. Решение задач по Т4	3		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
6	Т3	ПЗ.6 Решение задач по Т5.	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
7	Т4	ПЗ7. Решение задач по Т4	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2

8	T5	ПЗ.8 Решение задач по T5.	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДК _{ОПК1.2}
---	----	---------------------------	---	--	------------------------------	---------------------------------

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Введение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ1.	ОПК-1.	ИДК _{ОПК1.2}
2	T1. Основные понятия теории распространения радиоволн (РРВ).	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ2, ПЗ3.		
3	T2. Поляризация электромагнитных волн	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ4, ПЗ5.		
4	T3. Электромагнитные волны в свободном пространстве	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ6.		
5	T4. Падение электромагнитной волны на границу раздела двух изотропных сред.	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ7.		
6	T5. Электромагнитные волны в неоднородных средах	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ8.		

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируется компетенция ОПК-1.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины:

T1. Основные понятия теории распространения радиоволн. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T2. Поляризация электромагнитных волн. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T3. Электромагнитные волны в свободном пространстве. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T4. Падение электромагнитной волны на границу раздела двух изотропных сред. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T5. Электромагнитные волны в неоднородных средах. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины (модуля).

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

а) перечень литературы

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) периодические издания

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ИГУ http://library.isu.ru/ru/resources/edu_resources/index.html
2. БД книг и продолжающихся изданий http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT
3. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
4. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Класс ЭВМ, аудитория 323А, оснащенная вычислительной техникой, специальным ПО и свободным доступом в сеть Internet.

6.2. Программное обеспечение:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014. Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.
4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/>. Бессрочно.

6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля на ПЗ1-ПЗ8. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ОПК-1.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

Усвоение бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество баллов за текущую работу в семестре ограничивается 60-ю баллами, на оценку экзамена максимально предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены бакалавру за активные формы работы, высокое качество выполненных практических работ и т.д.

За посещение одного вида занятия дается 1 балла (17 занятий (Л+Пз) * 1 балл = 17 балла), максимальное количество баллов за письменный контроль на Пз – 2.5 балла (17 занятий ПЗ*2.5 балл = 43 баллов).

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля на ПЗ1-ПЗ8.

Вопросы для письменного текущего контроля приведены ниже:

ПЗ1. монохроматическая волна? поперечная волна? Продольная волна? фазовая скорость? групповая скорость? электромагнитная волна? Фазовая плоскость? Сферическая волна? Плоская волна?

ПЗ2 Уравнения Максвелла? Виды поляризации волн? Линейно поляризованная волна? Эллиптически поляризованная волна? Круговая поляризация электромагнитной волны?

ПЗ3 Линейно поляризованная волна в сахарном растворе? Основное уравнение для поляризованных электромагнитных волн? Напряжённость электрического и магнитного поля поляризованной волны?

ПЗ4 Фазовый фронт плоской волны? Волновое уравнение в свободном пространстве? Функция Грина? Преобразование Фурье?

ПЗ5 Фазовый фронт сферической волны? Решение волнового уравнения для сферической волны? Что происходит с фазовым фронтом при распространении электромагнитной волны от отдаленного источника?

ПЗ6. Напряженность электрического и магнитного поля в изотропной среде? Нормальное падение электромагнитной волны на границу раздела двух сред? Наклонное падение электромагнитной волны на границу раздела двух сред? Граничные условия при падении волны на границу раздела. Решение волнового уравнения при распространении волны в изотропной среде?

ПЗ7. Метод Геометрической оптики? Уравнения эйконала и переноса? Плоскостлоистая среда? Лучевые уравнения?

ПЗ8 Решение волнового уравнения в приближении геометрической оптики для плоской волны? Решение волнового уравнения в приближении геометрической оптики для сферической волны? Наклонное падение волны в неоднородной среде? Отражение электромагнитных волн в неоднородной среде?

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля на ПЗ1-ПЗ8.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично/ 5.5 балла.	Хорошо/ 4 балла	Удовлетв. / 3 балла.	Неудовл. / 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания.	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки.	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки.	Задание не выполнено или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок.

Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме экзамена).

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-1 и проводится в форме экзамена. Форма проведения экзамена – устный по билетам или письменный по билетам. Экзамены проводятся во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием.

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Экзаменационные задания (билеты) для приема экзаменов выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе экзамена. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к экзамену приведены в приложении 1.

Бакалавр допускается к экзамену в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время экзамена бакалавр может набрать до 30 баллов. Если на экзамене ответ студента оценивается менее чем 10-ю баллами, то экзамен считается не сданным, бакалавру выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «неудовлетворительно».

Если на экзамене студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу и переводятся в академическую оценку, которая фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
60-70 баллов	«удовлетворительно»
71-85 баллов	«хорошо»
86-100 баллов	«отлично»

Преподаватель имеет право выставить экзаменационную оценку (с согласия студента) без процедуры сдачи экзамена, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу составит 70 баллов. В этом случае к набранному студентом количеству баллов за текущую работу автоматически добавляется 20 баллов и выставляется соответствующая академическая оценка.

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания (10 -11 баллов)	Знание материала в пределах программы (7 -9 баллов)	Отмечены пробелы в усвоении программного материала (4 -6 баллов)	Не знает основное содержание дисциплины (0-3 балла)
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются (8 -10 баллов)	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы (0-3 балла)

		дополнительные вопросы (6 -8 баллов)	(4 -6 баллов)	
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию(3-5 баллов)	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию (2-3 балла)	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (1-2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (0-2 балла)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения (3-4 балла)	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки (2- 3 балла)	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала (1-2 балл)	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0-1 балл)

Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

1. Основные понятия теории волн: монохроматическая волна, поперечная волна, фазовая скорость, групповая скорость, электромагнитная волна?
2. Уравнение Максвелла?
3. Волновое уравнение?
4. Электромагнитные волны в свободном пространстве?
5. Поляризация электромагнитных волн?
6. Линейная поляризация?
7. Круговая поляризация?
8. Эллиптическая поляризация?
9. Отражение и преломление электромагнитных волн?
10. Нормальное падение электромагнитных волн на границу раздела двух сред?
11. Наклонное падение электромагнитной волны на границу раздела двух сред?
12. Эффект Доплера?
13. Рассеяние электромагнитных волн в неоднородной плоскостной среде.
14. Метод геометрической оптики для плоской волны?
15. Метод геометрической оптики для сферической волны?
16. Задача распространения плоской ЭМВ в линейном слое?

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Источником электромагнитных волн является
 - А) статический электрический заряд
 - Б) постоянный электрический заряд, движущийся с равномерной скоростью
 - В) электрический заряд, движущийся с ускорением
 - Д) магнитный заряд, движущийся с ускорением
2. Какая поляризация у естественного света
 - А) Линейная
 - Б) Круговая
 - В) Эллиптическая
 - Г) Никакая

3 Средний вектор Пойнтинга плоской электромагнитной волны $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$ равняется.

- А) $\langle \vec{S} \rangle = \frac{1}{2} \vec{E}_m^2 \frac{\vec{k}}{k}$
- Б) $\langle \vec{S} \rangle = 0$

$$\text{В) } \langle \vec{S} \rangle = \vec{E} \times \vec{H}$$

$$\text{Г) } \langle \vec{S} \rangle = \frac{1}{2} \vec{E}_m \frac{\vec{k}}{k}$$

4. Какое из утверждений правильное? Фазовая скорость электромагнитной волны

- А) всегда меньше скорости света
- Б) всегда меньше или равняется скорости света
- В) может быть больше скорости света
- Г) ни одно не верно

Разработчик:



доцент

Книжин С.И.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «24» февраля 2025 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.