

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
Институт электронной техники и машиностроения
Кафедра «Электронные приборы и устройства»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине
«Б.1.2.9 Электродинамика»

направления подготовки
«11.03.04 Электроника и наноэлектроника»

форма обучения – очная
курс – 3
семестр – 5
зачетных единиц – 3
часов в неделю – 3
академических часов – 108
в том числе:
лекции – 18
лабораторные занятия – 36
самостоятельная работа – 54
экзамен – 5 семестр

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: изучение студентами основ классической электродинамики, элементов волновых трактов, теории и методов расчета пассивных микроволновых устройств.

Задачи изучения дисциплины: является формирование у студента целостного представления о современных тенденциях развития техники сверхвысоких частот; Изучение основных законов теории поля, свойств различных сред, закономерностей распространения электромагнитных волн в различных средах, методов расчета полей электромагнитных волн и колебаний в микроволновых направляющих и колебательных системах. Изучение методов расчета параметров микрополосковых направляющих структур и резонаторов. Приобретение навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров микроволновых направляющих и колебательных систем.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Освоение данной дисциплины базируется на освоении студентами следующих курсов:

- «Теоретические основы электротехники», Б.1.1.12, ОПК-3;
- «Математика», Б.1.1.5, ОПК-1,2;
- «Физика», Б.1.1.6, ОПК-2.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

Студент должен знать:

основные уравнения классической электродинамики, законы распространения свободных электромагнитных волн в различных средах, законы излучения и дифракции электромагнитных волн, законы распространения направленных электромагнитных волн, основные типы микроволновых направляющих и колебательных систем, методы анализа электромагнитного поля и основные принципы использования электромагнитных волн и колебаний в микроволновых направляющих и колебательных системах.

Студент должен уметь:

применять эти знания для расчета аналитическими методами электромагнитных полей, параметров и характеристик микроволновых направляющих и колебательных систем.

Студент должен владеть:

методами математического и компьютерного моделирования электромагнитных полей; принципами оптимального проектирования простейших устройств на основе микроволновых направляющих систем, сведениями о характерных особенностях материалов, используемых при конструировании микроволновых направляющих и колебательных систем; иметь представление о тенденциях развития электродинамики и ее приложений в современных микроволновых и оптических системах телекоммуникаций и в микроволновых технологических и энергетических системах.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ мо - ду- ля	№ неде- -ли	№ те- м ы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек- ции	Коллок- виумы	Лаборато- рные	Прак- тичес- кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9
5 семестр									
1	1-4	1	Физические свойства электромагнитных колебаний СВЧ. Основные уравнения классической электродинамики.	16	4		12		
1	5-6	2	Прямоугольный волновод.	12	2				10
1	7-10	3	Волноводы круглого сечения.	14	4				10
2	11-14	4	Элементы СВЧ тракта.	62	4		24		34
2	15-16	5	Полые резонаторы.	2	2				
2	17-18	6	Замедляющие системы.	2	2				
Всего				108	18		36		54

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5

1	2	1	Особенности диапазона сверхвысоких частот. Физические свойства электромагнитных колебаний СВЧ. Преимущества СВЧ диапазона. Применение электромагнитных колебаний СВЧ в науке и технике. Применение передающих линий и колебательных систем на сверхвысоких частотах. Недостатки обычных передающих линий и колебательных контуров на сверхвысоких частотах. Понятия волновода и полого резонатора. Переход от открытого колебательного контура с сосредоточенными параметрами к полному резонатору.	1,2,3
1	2	2	Распространение волн по произвольной передающей линии. Основные уравнения классической электродинамики. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Фазовая скорость и длина волны в линии. Дисперсия в передающих линиях СВЧ. Групповая скорость волн и скорость перемещения энергии. Типы волн, распространяющихся по передающей линии (Поперечные электромагнитные волны ТЕМ). Типы волн, распространяющихся по передающей линии (Поперечные электрические волны ТЕ). Типы волн, распространяющихся по передающей линии (Поперечные магнитные волны ТМ).	1,2,3
2	2	3	Прямоугольный волновод. Уравнения волн ТМ в прямоугольном волноводе. Уравнения волн ТЕ в прямоугольном волноводе. Структура поля в прямоугольном волноводе при волнах типа ТМ (Е). Структура полей высших типов волн при волнах типа ТМ (Е). Структура поля в прямоугольном волноводе при волнах типа ТЕ (Н). Структура полей высших типов волн при волнах типа ТЕ (Н). Токи в стенках прямоугольного волновода. Критическая длина волны в прямоугольном волноводе.	1,2,3,4
3	2	4	Волноводы круглого сечения. Уравнения волн типа ТМ в круглом волноводе. Критические длины волн для волновода круглого сечения. Волна E_{01} в круглом волноводе. Структура поля для волн E_{01} , E_{02} , E_{11} в круглом волноводе. Волны типа ТЕ в круглом волноводе. Структура поля для волн H_{11} , H_{01} в круглом волноводе. Критические длины волн волновода круглого сечения. Типы волн в коаксиальной линии. Волна ТЕМ в коаксиальной линии. Высшие типы волн в коаксиальной линии. Критические частоты коаксиальной линии.	1,2,3,4
3	2	5	Возбуждение волноводов. Простейшие возбуждающие устройства волноводов. Зависимости напряженности полей и плотности тока в стенках волновода от величины передаваемой мощности. Электрическая прочность волновода. Потери в волноводах. Требования	1,2,3,4

			предъявляемые к волноводам. Волноводы сложного сечения.	
4	2	6	Элементы СВЧ тракта. Полосковые линии. Основные параметры полосковых линий. Элементы СВЧ тракта. Микрополосковые линии. Основные параметры полосковых линий. Потери в микрополосковой линии. Конфигурация поля в микрополосковой линии. Элементы соединения линий передач. Коаксиальный разъем. Неоднородности в волноводе. Характеристическое сопротивление волновода. Согласование, холостой ход и короткое замыкание волновода. Ступенчатые переходы. Коаксиально-волноводный переход. Волноводно-полосковый переход. Коаксиально-полосковые переходы. Изгибы трактов СВЧ.	3,4,5,6
4	2	7	Согласованные нагрузки. Конструкции согласованных нагрузок. Устройство волноводной нагрузки. Калориметрические нагрузки нерегулируемые. Калориметрические нагрузки регулируемые. Калориметрический измеритель мощности. Коаксиальные согласованные нагрузки. Реактивные нагрузки. Ослабители(Аттенюаторы). Поглощающие аттенюаторы. Предельные аттенюаторы. Параметры аттенюаторов. Фазовращатели. Делители мощности. Коаксиальный разветвитель. Полосковый делитель мощности.	3,4,5,6
5	2	8	Полые резонаторы. Эквивалентные параметры полых резонаторов. Эквивалентная схема полого резонатора. Активная проводимость полого резонатора. Реактивная проводимость резонатора. Виды колебаний полых резонаторов. Нагруженная и внешняя добротности резонаторов. Основные типы полых резонаторов. Коаксиальный резонатор. Четвертьволновый и полуволновый коаксиальный резонатор. Резонансный волномер. Призматический полый резонатор. Структуры поля. Цилиндрический полый резонатор. Структуры поля. Торoidalный резонатор. Связь резонаторов с нагрузкой. Возбуждение резонатора.	1,3,4
6	2	9	Замедляющие системы. Спиральные замедляющие системы. Характеристики и параметры замедляющих систем. Коэффициент замедления и длина замедленной волны. Дисперсионные характеристики замедляющих систем. Сопротивление связи замедляющей системы.	1,2,3,4

6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены учебным планом.

7. Перечень практических занятий

Не предусмотрены учебным планом.

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	12	Коаксиальная измерительная линия дециметрового диапазона.	1,3,5
4	12	Исследование направленного ответвителя.	1,3,5,7
4	12	Исследование коаксиального фильтра СВЧ.	1,3,5,7

Методические указания приведены в соответствующем разделе ИОС [11]

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно - методическое обеспечение
1	2	3	4
2	10	Неоднородности в волноводах. Согласование, холостой ход и короткое замыкание в волноводах.	1,3,5,6
3	10	Диафрагмы в волноводах. Резонансные окна. Волноводные разветвления.	1,3,5,6
4	10	Сочленение волноводов и коаксиальных линий. Короткозамыкающие поршни в волноводных и коаксиальных линиях.	1,2,3,4
4	4	Коэффициент отражения и свойства стоячих волн.	1,2,3
4	6	Круговая диаграмма полных сопротивлений и проводимостей.	1,2,3
4	14	Согласование передающих линий сверхвысоких частот.	1,2,3

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС [11].

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом.

11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом.

12. Курсовой проект

Не предусмотрена учебным планом.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы формируются отдельные элементы компетенций: ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных; ОПК-2 - способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Содержание лекционного курса и лабораторных занятий формируют на рассматриваемом этапе элементы компетенций в части, касающейся способности выявлять естественнонаучную сущность физических принципов работы волноведущих, резонансных и замедляющих систем, умения привлекать для решения возникающих прикладных задач основные уравнения электродинамики, а также способности использования основных приемов математической обработки и представления экспериментальных данных в ходе выполнения экспериментальных исследований по лабораторным работам.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается:

- в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала;

- отчетов по лабораторным работам, для оценки способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, а также составления выводов.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная на экзамене при ответе на вопросы для экзамена. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для экзамена. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Отлично	Заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	Заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Удовлетворительно	Заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности при ответе и выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций при преподавании (изучении) рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения:

- лабораторных работ,
- самостоятельной работы.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная при отчете по лабораторным работам. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «зачтено» («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») и «не зачтено» («неудовлетворительно») и осуществляется путем анализа знаний теоретического материала, проведенного эксперимента, оформленного отчета.

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании знаний теоретического материала, проведенного эксперимента и оформленного отчета:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и правил оформления отчета. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения лабораторной работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Зачтено (хорошо)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности

	<p>выполнения и правил оформления отчета, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.</p>
<p>Зачтено (удовлетворительно)</p>	<p>Выставляется студенту, если задание на практическую работу выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.</p>
<p>Не зачтено (неудовлетворительно)</p>	<p>Выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи, неумение оформить отчет. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.</p>

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Электродинамика» включает учет успешности выполнения лабораторных работ, самостоятельной работы и сдачу экзамена.

14. Тестовые задания по дисциплине

Задания	Ответ
<p>A1. Предельное значение напряженности электрического поля сверхвысоких частот для населения ($\text{мкВт}/\text{см}^2$) на частотах 300 МГц-300 ГГц.</p>	<p>1-10; 2. 100; 3 1000; 4. 5; 5. 5000</p>
<p>A2. Дециметровыми волнами называют.</p>	<p>1. Длины волн от 1 м до 10 см. 2. Длины волн от 10 см до 1 м. 3. Длины волн от 10 до 1 м. 4. Длины волн от 1 см до 1 мм</p>

	5. Длины волн от 100 м до 1 м.
А3. Метровыми волнами называют.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длины волн от 10 м до 1 м. 2. Длины волн от 10 см до 1 см. 3. Длины волн от 100 м до 10 м. 4. Длины волн от 1000 м до 100 м. 5. Длины волн от 10000 м до 1000 м.
<p>А4. Первое уравнение Максвелла</p> $\operatorname{rot} \mathbf{H} = \sigma \mathbf{E} + \varepsilon \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определяет, то, что электрическое поле в некоторой области пространства связано с изменением магнитного поля во времени в этой области. 2. Определяет, то, что магнитное поле в некоторой области пространства связано не только с токами проводимости, протекающими в этой области, но и с изменением электрического поля во времени в этой области (токами смещения). 3. Определяет источники электрического поля, электрическое поле в некоторой области пространства связано с электрическим зарядом внутри этой поверхности. 4. Определяет величину СВЧ мощности, протекающую через сечение волновода. 5. Устанавливает отсутствие магнитных зарядов и то, что магнитные силовые линии всегда замкнуты.
<p>А5. Второе уравнение Максвелла</p> $\operatorname{rot} \mathbf{E} = - \mu \mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t};$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определяет, то, что электрическое поле в некоторой области пространства связано с изменением магнитного поля во времени в этой области. 2. Определяет, то, что магнитное поле в некоторой области пространства связано не только с токами проводимости, протекающими в этой области, но и с изменением электрического поля во времени в этой области (токами смещения). 3. Определяет источники электрического поля, электрическое поле в некоторой области пространства связано с электрическим зарядом внутри этой поверхности. 4. Определяет величину СВЧ мощности, протекающую через

	сечение волновода. 5. устанавливает отсутствие магнитных зарядов и то, что магнитные силовые линии всегда замкнуты.
--	--

Задания	Ответ
<p>А6. Третье уравнение Максвелла</p> $\operatorname{div} (\varepsilon\varepsilon_0 \mathbf{E}) = 0;$	<p>6. Определяет, то, что электрическое поле в некоторой области пространства связано с изменением магнитного поля во времени в этой области.</p> <p>7. .определяет, то, что магнитное поле в некоторой области пространства связано не только с токами проводимости, протекающими в этой области, но и с изменением электрического поля во времени в этой области(токами смещения).</p> <p>8. определяет источники электрического поля, электрическое поле в некоторой области пространства связано с электрическим зарядом внутри этой поверхности.</p> <p>9. Определяет величину СВЧ мощности, протекающую через сечение волновода.</p> <p>10. устанавливает отсутствие магнитных зарядов и то, что магнитные силовые линии всегда замкнуты.</p>
<p>А7. Четвертое уравнение Максвелла</p> $\operatorname{div} (\mu\mu_0 \mathbf{H}) = 0.$	<p>1. Определяет, то, что электрическое поле в некоторой области пространства связано с изменением магнитного поля во времени в этой области.</p> <p>2. .определяет, то, что магнитное поле в некоторой области пространства связано не только с токами проводимости, протекающими в этой области, но и с изменением электрического поля во времени в этой области(токами смещения).</p> <p>3. определяет источники электрического поля, электрическое поле в некоторой области пространства связано с электрическим зарядом внутри этой поверхности.</p> <p>4. Определяет величину СВЧ мощности, протекающую через</p>

	сечение волновода. 5. устанавливает отсутствие магнитных зарядов и то, что магнитные силовые линии всегда замкнуты.
А8. Фазовая скорость электромагнитной волны в общем случае определяется выражением:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $v_{\phi} = \omega / \beta$ 2. $v_{\phi} = \alpha + j\beta$ 3. $v_{\phi} = \omega^2 \epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0$ 4. $v_{\phi} = \mu / \epsilon$ 5. $v_{\phi} = (\alpha + j\beta) / \epsilon$
А9. Нормальная дисперсия в передающих линиях это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фазовая скорость волны уменьшается с ростом частоты. 2. Фазовая скорость возрастает с ростом частоты. 3. Направление фазовой скорости совпадает с направлением движения энергии. 4. Направление фазовой скорости не совпадает направлением движения энергии. 5. Фазовая скорость равна нулю.

Задания	Ответ
А10. Критическая длина волны в прямоугольном волноводе для волны типа H_{10} .	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\lambda_{кр} = 2a$; 2. $\lambda_{кр} = 3b$ 3. $\lambda_{кр} = (a+b)/2$ 4. $\lambda_{кр} = a/2b$ 5. $\lambda_{кр} = a^2/4b$
А11. Условием распространения волн типов H_{mn} и E_{mn} в прямоугольном волноводе является	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\lambda \leq \lambda_{кр}$ 2. $\lambda > \lambda_{кр}$; 3. $\lambda \approx \lambda_{кр}$ 4. $\lambda < 2\lambda_{кр}$ 5. $\lambda < \lambda_{кр}$
А12 Критическая длина волны в круглом волноводе для волны типа E_{01}	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\lambda_{кр} = 2,62R$ 2. $\lambda_{кр} = 1,64R$ 3. $\lambda_{кр} =$ 4. $\lambda_{кр} = 3,6R$ 5. $\lambda_{кр} = 5,2R$
А13. Выберите правильное выражение для критической длины волны прямоугольного волновода	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\lambda_{кр} = \frac{2}{\sqrt{\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2}}}$ 2. $\lambda_{кр} = \frac{2}{\sqrt{\frac{b^2}{a^2} + \frac{a^2}{b^2}}}$ 3. $\lambda_{кр} = \frac{2mn}{\sqrt{b^2 + a^2}}$

	<p>4.</p> $\lambda_{кр} = \frac{2mn}{\sqrt{\frac{m^2}{b^2} + \frac{n^2}{a^2}}}$ <p>5.</p> $\lambda_{кр} = \frac{2ab}{\sqrt{\frac{m^2}{b^2} + \frac{n^2}{a^2}}}$
A14. Направленный ответвитель это	

Задания	Ответ
<p>A15. Определите правильное выражение для коэффициента замедления замедляющей системы.</p>	<p>1.</p> $K_{зам} = \frac{c}{v_{\phi}}$ <p>2.</p> $K_{зам} = \frac{v_{\phi}}{c}$ <p>3.</p> $K_{зам} = \frac{2v_{\phi}}{c}$ <p>4.</p> $K_{зам} = \frac{2v_{\phi}}{3c}$ <p>5.</p> $K_{зам} = \frac{2v_{\phi}}{\beta c}$
<p>A16. Определите правильное выражение для фазовой скорости волны спиральной замедляющей системы.</p>	<p>1.</p> $v_{фаз} = \frac{c}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi a}{s}\right)^2}}$ <p>2.</p> $v_{фаз} = \frac{\beta c}{\sqrt{1 + \left(\frac{4\pi a}{s}\right)^2}}$ <p>3.</p> $v_{фаз} = \frac{\beta c}{\sqrt{1 + \left(\frac{4\pi}{as}\right)^2}}$ <p>4.</p> $v_{фаз} = \frac{c}{\sqrt{\beta + \left(\frac{4\pi}{s}\right)^2}}$ <p>5.</p> $v_{фаз} = \frac{a}{\sqrt{c + \left(\frac{4\pi}{s}\right)^2}}$

<p>A17. Определите правильное выражение для сопротивления связи замедляющей системы.</p>	<p>1. 1. $R_{CB} = \frac{2P\beta^2 E_{zm}^2}{c}$</p> <p>2. $R_{CB} = \frac{E_{zm}^2}{2\beta^2}$</p> <p>3. $R_{CB} = \frac{E_{zm}^2}{2\beta^2 P}$</p> <p>4. $R_{CB} = \frac{\beta^3 E_{zm}^2}{c}$</p> <p>5. $R_{CB} = \frac{\beta^3 E_{zm}^2}{2\sqrt{c}}$</p>
<p>A18. Определите правильное выражение для добротности полого резонатора.</p>	<p>1. $Q_0 = \frac{\alpha S}{V}$</p> <p>2. $Q_0 = \frac{V}{S}$</p> <p>3. $Q_0 = \frac{2S}{\delta V}$</p> <p>4. $Q_0 = \frac{S}{V}$</p> <p>5. $Q_0 = \frac{2V}{\delta S}$</p>
<p>A19. Определите правильное выражение для добротности резонатора</p>	<p>1. $\frac{1}{Q_{BH}} = \frac{1}{Q_H} + \frac{1}{Q_0}$</p> <p>2. $\frac{1}{Q_H} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{Q_{BH}}$</p> <p>3. $\frac{\alpha}{Q_{BH}} = \frac{1}{Q_H} + \frac{1}{Q_0}$</p> <p>4. $\frac{1}{Q_0} = \frac{1}{Q_H} + \frac{1}{Q_{BH}}$</p> <p>5. $\frac{\beta}{Q_0} = \frac{1}{Q_H} + \frac{1}{Q_{BH}}$</p>

Задания	Ответ
A20. СВЧ нагрузка считается согласованной, если	2. КСВ 1,01-1,2 3. КСВ 2-2,5 4. КСВ 3-5 5. КСВ < 5 6. КСВ < 10
A21. Определите верное выражение для фазовой постоянной волны.	1. $\beta = \frac{2f\pi}{c\lambda_{\text{в}}}$ 2. $\beta = \frac{2c\pi}{\lambda_{\text{в}}}$ 3. $\beta = \frac{\pi}{c\lambda_{\text{в}}}$ 4. $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_{\text{в}}}$ 5. $\beta = \frac{3\varepsilon f\pi}{c\lambda_{\text{в}}}$
A22. Определите правильное выражение для волнового уравнения.	1. $\nabla^2 E + k^2 E = 0$ 2. $2\nabla^2 E + 3k^2 E = 0$ 3. $2\nabla^2 E + k^3 E = 0$ 4. $\nabla^3 E + 3k^2 E = 0$ 5. $\nabla^4 E + 3kE = 0$
A23. Волновое сопротивление коаксиальной линии равно	1. $Z_c = 138 \sqrt{\frac{1}{\varepsilon} \lg \frac{D}{d}}$ 2. $Z_c = 166 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \lg \frac{D}{d}}$ 3. $Z_c = 146 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \lg \frac{d}{D}}$ 4. $Z_c = 138 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \lg \frac{D}{d}}$ 5.

	$Z_c = 138 \sqrt{\frac{1}{\epsilon} \lg \frac{2d}{D}}$
<p>A24. Определите правильное выражение для характеристического сопротивления прямоугольного волновода на волне Н₁₀</p>	<p>1.</p> $Z_{TE} = \frac{Z_{TEM}}{\sqrt{1 - \frac{1}{\epsilon\mu} \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$ <p>2.</p> $Z_{TE} = \frac{2Z_{TEM}}{\sqrt{2 - \frac{1}{\epsilon\mu} \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$ <p>3.</p> $Z_{TE} = \frac{Z_{TEM}}{\sqrt{1 - \frac{c}{\epsilon\mu} \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$ <p>4.</p> $Z_{TE} = \frac{Z_{TEM}}{\sqrt{1 - \frac{2}{\epsilon\mu} \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^3}}$ <p>5.</p> $Z_{TE} = \frac{Z_{TEM}}{\sqrt{1 - \frac{1}{2\epsilon\mu} \left(\frac{\lambda}{a}\right)^2}}$

15. Образовательные технологии

Лекционный курс читается с применением **информационно-коммуникационных образовательных технологий** (организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией). Изложение всего материала (**лекции-визуализации**) сопровождается презентациями (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических).

При проведении лабораторных работ наряду с **традиционными образовательными технологиями** (лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов) применяются **технологии проблемного обучения** (проведение практикумов - организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков) и **технологии проектного обучения** (выполнение творческих и информационных проектов).

Дисциплина «Электродинамика» состоит: из лекционной части в мультимедийном исполнении; лабораторных работ на лабораторных установках; самостоятельных занятий для подготовки к лабораторным

занятиям, поискового назначения, овладения учебным материалом и освоения дополнительной литературы.

Блок «самостоятельная работа» включает консультации по электронной почте и в on-line режиме.

Для эффективной реализации целей и задач ФГОС ВО, для воплощения компетентностного подхода в преподавании дисциплины «Электродинамика» используются следующие образовательные технологии и методы обучения:

Вид занятия	Технология	Цель	Формы и методы обучения
1	2	3	4
Лекции	Технология проблемного обучения	Усвоение теоретических знаний, развитие мышления, формирование профессионального интереса к будущей деятельности	Мультимедийные лекция-объяснение, лекция-визуализация, с привлечение формы тематической дискуссии, беседы, анализа конкретных ситуаций
Самостоятельная работа	Технологии концентрированного, модульного, дифференцированного обучения	Развитие познавательной самостоятельности, обеспечение гибкости обучения, развитие навыков работы с различными источниками информации, развитие умений, творческих способностей.	Индивидуальные, групповые, интерактивные (в режимах on-line и off-line).

16. Список основной и дополнительной литературы по дисциплине

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика : учеб. / О. И. Фальковский. - 2-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 432 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 423-424 (50 назв.). - Имеется электрон. аналог печ. изд. - ISBN 978-5-8114-0980-8 http://lib.sstu.ru/books/Ld_41.pdf

2. Нефедов Е.И. Техническая электродинамика : учеб. пособие / Е. И. Нефедов. - М. : ИЦ "Академия", 2008. - 416 с. Экземпляров всего 40.

3. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2007. - 704 с. : ил. Экземпляров всего 35.

4. Сомов, А. М. Электродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Сомов А. М. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2011. - 198 с. - ISBN 978-5-9912-0155-1 : Б. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12068>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1. Устройства СВЧ [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 - .Антенны и устройства СВЧ. Часть 1. Устройства СВЧ / Шостак А. С. - 2012. - 125 с. - ISBN 978-5-4332-0065-4 : Б. ц. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14003.html>

6. Астайкин, А. И. Теория и техника СВЧ [Электронный ресурс] : учебное пособие / Астайкин А. И. - Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2008. - 464 с. - ISBN 978-5-9515-0109-7 : Б. ц. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18460.html>

7. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Боков Л.А., Замотринский В.А., Мандель А.Е.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 301 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13874>

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

8. Коаксиальная измерительная линия дециметрового диапазона. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Электродинамика» для студентов направления 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника очной и заочной формы обучения. Саратов 2014.

9. Исследование фильтра СВЧ. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Электродинамика» направления подготовки «11.03.04 Электроника и наноэлектроника», Саратов 2014.

10. Исследование направленного ответвителя. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Электродинамика» направления подготовки «11.03.04 Электроника и наноэлектроника», Саратов 2014.

ИСТОЧНИКИ ИОС

11. Электродинамика. Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/B.1.2.9/default.aspx>. По паролю.

17. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Материально-техническое обеспечение модуля: доступ к фондам учебных пособий, библиотечным фондам с периодическими изданиями по соответствующим темам, наличие компьютеров, подключенных к сети Интернет и оснащенных средствами медиапрезентаций (медиакоммуникаций). Учебная дисциплина «Электродинамика» обеспечена учебно-методической документацией (компонент учебно-методического комплекса по дисциплине).

Чтение лекций проводится в лекционной аудитории, обеспеченной мультимедийными средствами: персональный компьютер, проектор (презентационная лекционная часть доступна обучающимся в локальной сети). Лабораторные работы по дисциплине проводятся в виде практикума в лаборатории, оснащенной измерительным оборудованием.