

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Теория электромагнитного поля

: 03.03.02 , :

: 3, : 5

| | | 5 |
|----|---------|-----|
| 1 | () | 7 |
| 2 | | 252 |
| 3 | , . | 107 |
| 4 | , . | 54 |
| 5 | , . | 36 |
| 6 | , . | 0 |
| 7 | , . | 0 |
| 8 | , . | 2 |
| 9 | , . | 15 |
| 10 | , . | 145 |
| 11 | (, ,) | |
| 12 | | |

(): 03.03.02

937 07.08.2014 ., : 25.08.2014 .

: 1, ,

(): 03.03.02

, 4 20.06.2017

- , 3 21.06.2017

:

, . .

:

. . ., . -

:

. . .

1.

1.1

| | |
|--|--|
| Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; в части следующих результатов обучения: | |
| 1. | |
| Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач; в части следующих результатов обучения: | |
| 3. | |
| Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности; в части следующих результатов обучения: | |
| 1. | |
| 2. | |
| Компетенция ФГОС: ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; в части следующих результатов обучения: | |
| 7. | |

2.

2.1

| | | |
|--|---|--|
| | (| |
|--|---|--|

| | |
|--|-----|
| .2. 1 | |
| 1.Иметь представление о различных методах расчета электрических и магнитных полей | ; ; |
| 2.формулы для расчета распространения электромагнитных волн в прямоугольном и круглом волноводе | ; ; |
| .2. 7 | |
| 3.Общие закономерности поведения пучка заряженных частиц в присутствии электромагнитного поля | ; ; |
| .3. 3 | |
| 4.уравнения Максвелла в интегральной, дифференциальной и комплексной формах | ; ; |
| 5.телеграфные уравнения для токов и напряжений в длинной линии, выражения для определения параметров длинной линии | ; ; |
| .4. 1 | |
| 6.Рассчитывать электростатические поля и потенциалы для простых распределений зарядов. | ; ; |
| 7.Рассчитывать магнитные поля постоянных токов для простых распределений токов | ; ; |
| 8.Рассчитывать параметры длинных линий передачи | ; ; |

| | | | |
|---|--|--|---|
| 9.Рассчитывать параметры прямоугольных и круглых волноводов и резонаторов | | | ; |
| .4. 2 | | | |
| 10.Расчета электростатических полей и потенциалов для некоторых сложных распределений зарядов | | | ; |
| 11.Расчета электрических и магнитных полей постоянных токов для некоторых сложных распределений токов | | | ; |
| 12.Расчета и построения картины электромагнитного поля в прямоугольных и круглых волноводах и резонаторах | | | ; |

3.

3.1

| | | | |
|------------|---|---|-------------|
| | | | |
| : 5 | | | |
| : | | | |
| 1. | | | |
| | 0 | 4 | 1, 4 |
| 2. | | | |
| | 0 | 6 | 1, 4 |
| 3. | | | |
| | 0 | 4 | 1, 4, 6 |
| 4. | | | |
| | 0 | 4 | 1, 10, 4 |
| 5. | | | |
| | 0 | 4 | 1, 11, 4, 7 |
| : | | | |
| 6. | | | |
| | 0 | 4 | 1, 4, 5, 8 |

| | | | |
|-----|---|---|--------------------------|
| 7. | 0 | 4 | 1, 10, 4, 5, 8 |
| : | | | |
| 8. | 0 | 4 | 1, 10, 4, 6 |
| 9. | 0 | 4 | 1, 10, 4, 6 |
| 10. | 0 | 4 | 1, 10, 12, 2, 3, 4, 6, 9 |
| 11. | 0 | 4 | 1, 10, 12, 4, 6, 9 |
| 12. | 0 | 4 | 1, 10, 12, 4, 6, 9 |
| 13. | 0 | 4 | 1, 10, 12, 2, 4, 6, 9 |

3.2

| | | | | |
|----|---|---|---------|---|
| | , | | | |
| :5 | | | | |
| : | | | | |
| 1. | 0 | 2 | 1, 4, 6 | . |
| 2. | 0 | 2 | 1, 4, 6 | . |

| | | | | |
|-----|---|---|----------------|---|
| 3. | 0 | 2 | 1, 4, 6 | . |
| 4. | 0 | 2 | 1, 10, 4, 6 | . |
| 5. | 0 | 2 | 1, 10, 4, 6 | . |
| 6. | 0 | 2 | 1, 10, 4, 7 | . |
| 7. | 0 | 2 | 1, 11, 4, 7 | . |
| : | | | | |
| 8. | 0 | 4 | 1, 4, 5, 8 | . |
| 9. | 0 | 4 | 1, 4, 5, 8 | . |
| 10. | 0 | 4 | 1, 10, 4, 5, 8 | . |
| : | | | | |
| 11. | 0 | 4 | 1, 4, 5 | . |

| | | | | |
|-----|---|---|----------------|---|
| 12. | 0 | 2 | 1, 12, 2, 4 | . |
| 13. | 0 | 4 | 1, 12, 2, 3, 4 | . |

4.

| | | | | |
|--|--|---------------------------------------|-----|----|
| : 5 | | | | |
| 1 | | 1, 10, 11, 12, 3 | 121 | 13 |
| <p>: - / ; - . - , 1999. - 17 . : .. - : http://www.library.nstu.ru/fulltext/1999/1152/1.doc : [.] / , - . , 2011. - 542 . : </p> | | | | |
| 2 | | 1, 10, 11, 12, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 24 | 2 |
| <p>: - / ; - . - , 1999. - 17 . : .. - : http://www.library.nstu.ru/fulltext/1999/1152/1.doc : [.] / , - . , 2011. - 542 . : </p> | | | | |

5.

- , (. 5.1).

5.1

| | |
|--|---|
| | - |
| | |
| | |
| | |
| | |

6.

(), - 15- ECTS. . 6.1.

6.1

| | |
|------------|--|
| | |
| : 5 | |

| | |
|-----------------------|----|
| Практические занятия: | 60 |
| Экзамен: | 40 |

6.2

6.2

| | | |
|----|----|---|
| | | |
| .2 | 1. | + |
| .3 | 3. | + |
| .4 | 1. | + |
| | 2. | + |
| .2 | 7. | + |

1

7.

1. Батыгин В. В. Сборник задач по электродинамике : Учебное пособие для вузов / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин; Под ред. М. М. Бредова. - М., 1970. - 503 с.

2. Кузовкин В. А. Теоретическая электротехника : учебник для вузов по направлениям "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств", "Автоматизация и управление" и специальностям "Технология машиностроения", "Металлорежущие станки и инструменты", "Автоматизация технологических процессов и производств" / В. А. Кузовкин. - М., 2006. - 479 с. : ил. - Библиогр.: с. 478-479.

1. Говорков В. А. Электрические и магнитные поля : [учебное пособие] / В. А. Говорков. - М., 1960. - 460 с. : ил.

2. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / В. В. Никольский. - М., 1989. - 543 с. : ил.

3. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. Т. II. Электрорадиотехнические приборы СВЧ : Учебник по спец. "Электрон. приборы" / И. В. Лебедев; Под ред. Н. Д. Девяткова. - М., 1972. - 375 с.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Шехтман И. А. Задачи по теории электромагнитного поля : учебное пособие для физико-технического факультета / Шехтман И. А., Шемелин В. Д. ; Новосиб. гос. техн ун-т. - Новосибирск, 1999. - 17 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/1999/1152/1.doc>

2. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов] / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - М., 2011. - 542 с. : ил., табл.

8.2

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

9.

-

| | | |
|---|-----------|--|
| | | |
| 1 | (-) , , | |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория электромагнитного поля

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория электромагнитного поля приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки) | Темы | Этапы оценки компетенций | |
|---|---|--|---|---|
| | | | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей | у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов | Вектора электромагнитного поля. Материальные уравнения. Система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной формах для неподвижных сред. Физический смысл уравнений: обобщенный закон полного тока, закон электромагнитной индукции, отсутствие в природе магнитных зарядов, теорема Гаусса. Волноводные резонаторы. Параметры резонатора. Резонатор, образованный закороченным отрезком прямоугольного волновода. Резонатор, образованный закороченным отрезком круглого волновода. Волновые сопротивления прямоугольного волновода для главного типа волны. Параметры эквивалентной длинной линии. Волны в продольно-однородных направляющих структурах. Типы волн (ТЕ, ТМ, ТЕМ). Критические частота, длина волны, волновое число. ТЕ и ТМ волны в прямоугольном волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Входное сопротивление нагруженного отрезка длинной линии без потерь. Коэффициент отражения. Коэффициент стоячей волны. Векторная диаграмма токов и напряжений в различных сечениях линии. Круговая диаграмма полных сопротивлений - диаграмма Смита. Расчет погонных параметров продольно-однородных длинных линий передачи. Линии передачи с малыми потерями. Гармоническое переменное электромагнитное поле. Система уравнений Максвелла в комплексной | | Экзамен, вопросы 1 - 10 |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <p>форме. Комплексные электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов в комплексной форме. Уравнения Гельмгольца для векторов поля. Баланс энергии гармонического электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Теорема Умова-Пойнтинга. Теорема единственности решения уравнений Максвелла. Принцип суперпозиции. Излучение электромагнитного поля вибратором Герца. Запаздывающие потенциалы. Ближняя и дальняя зоны излучения. Сопротивление излучателя. Диаграмма направленности излучателя. Магнитное поле постоянного тока для замкнутого витка - магнитного диполя. Магнитное поле постоянных токов. Векторный потенциал магнитного поля. Граничные условия для векторов поля и потенциала. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Аналогия с электростатикой. Общее решение уравнения Пуассона в случае линейных токов. Энергия и пондеромоторные силы, действующие на проводники, в магнитном поле постоянных токов. Магнитные поля постоянного тока для оси, круглого проводника конечного диаметра, двухпроводной линии. Граница применения электростатических аналогов. Индуктивность контура с током. Индуктивность двухпроводной линии. Магнитное поле и индуктивность коаксиальной линии. Взаимная индуктивность. Передача мощности от генератора к нагрузке по длинной линии. Режим передачи максимальной мощности. Переменное электромагнитное поле. Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов. Калибровка</p> | | |
|--|--|--|--|

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | <p>Лоренца. Граничные условия для векторов поля и потенциалов. Продольно-однородные длинные линии передачи - эквивалентное представление сосредоточенными элементами. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений в виде суперпозиции бегущих волн. Постоянная распространения и характеристическое сопротивление.</p> <p>Распространение узкополосного сигнала по линии передачи со слабой дисперсией. Фазовая и групповая скорости. Резонатор как отрезок длинной линии. Параметры резонатора. Соотношение между собственной и нагруженной добротностями. Четвертьволновой и полуволновой резонаторы. Резонатор, укороченный емкостью. Решение электростатической задачи методом разделения переменных.</p> <p>Диэлектрический шар в однородном поле. Решение плоской электростатической задачи методом конформных отображений. Комплексный потенциал. Интеграл Кристоффеля-Шварца. Расчет поля вблизи края плоского конденсатора. Решение электростатической задачи методом изображений.</p> <p>Точечный заряд вблизи плоской границы раздела диэлектриков. Точечный заряд вблизи проводящей сферы. Заряженная ось вблизи диэлектрического цилиндра. Скин-эффект. Граничное условие Леонтовича. Потери мощности в стенках прямоугольного волновода для главного типа волны. TE и TM волны в круглом волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Трансформация входного сопротивления вдоль длинной линии. Согласование нагрузки длинной линии при помощи последовательного и параллельного шлейфов.</p> <p>Уравнения электрического поля постоянных токов в проводящей среде. Граничные условия. Законы Кирхгофа как следствие из уравнений</p> | | |
|--|--|---|--|--|

| | | | | |
|---|--|---|--|--------------------------------|
| | | <p>Максвелла. Уравнения электростатического поля. Электростатический потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Граничные условия для векторов поля и потенциала в электростатике. Уравнения силовых линий и эквипотенциалей. Энергия и пондеромоторные силы, действующие на проводники, в электростатическом поле. Электростатические поля заряженной оси, коаксиальной и двухпроводной линий. Электрическая емкость системы заряженных тел. Электростатические поля точечного заряда, электрического диполя. Поле системы произвольного числа точечных зарядов - разложение поля по мультиполям.</p> | | |
| <p>ОПК.3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p> | <p>з3. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности</p> | <p>Вектора электромагнитного поля. Материальные уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах для неподвижных сред. Физический смысл уравнений: обобщенный закон полного тока, закон электромагнитной индукции, отсутствие в природе магнитных зарядов, теорема Гаусса. Волноводные резонаторы. Параметры резонатора. Резонатор, образованный закороченным отрезком прямоугольного волновода. Резонатор, образованный закороченным отрезком круглого волновода. Волновые сопротивления прямоугольного волновода для главного типа волны. Параметры эквивалентной длинной линии. Волны в продольно-однородных направляющих структурах. Типы волн (TE, TM, TEM). Критические частота, длина волны, волновое число. TE и TM волны в прямоугольном волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Входное сопротивление нагруженного отрезка длинной линии без потерь. Коэффициент отражения. Коэффициент стоячей волны. Векторная диаграмма токов и напряжений в различных сечениях линии. Круговая диаграмма полных</p> | | <p>Экзамен, вопросы 1 - 10</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p>сопротивлений - диаграмма Смита. Расчет погонных параметров продольно-однородных длинных линий передачи. Линии передачи с малыми потерями. Гармоническое переменное электромагнитное поле. Система уравнений Максвелла в комплексной форме. Комплексные электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов в комплексной форме. Уравнения Гельмгольца для векторов поля. Баланс энергии гармонического электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Теорема Умова-Пойнтинга. Теорема единственности решения уравнений Максвелла. Принцип суперпозиции. Излучение электромагнитного поля вибратором Герца. Запаздывающие потенциалы. Ближняя и дальняя зоны излучения. Сопротивление излучателя. Диаграмма направленности излучателя. Магнитное поле постоянного тока для замкнутого витка - магнитного диполя. Магнитное поле постоянных токов. Векторный потенциал магнитного поля. Граничные условия для векторов поля и потенциала. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Аналогия с электростатикой. Общее решение уравнения Пуассона в случае линейных токов. Энергия и пондеромоторные силы, действующие на проводники, в магнитном поле постоянных токов. Магнитные поля постоянного тока для оси, круглого проводника конечного диаметра, двухпроводной линии. Граница применения электростатических аналогов. Индуктивность контура с током. Индуктивность двухпроводной линии. Магнитное поле и индуктивность коаксиальной линии. Взаимная индуктивность. Передача</p> | | |
|--|--|--|--|--|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p> мощности от генератора к нагрузке по длинной линии. Режим передачи максимальной мощности. Переменное электромагнитное поле. Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов. Калибровка Лоренца. Граничные условия для векторов поля и потенциалов. Продольно-однородные длинные линии передачи - эквивалентное представление сосредоточенными элементами. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений в виде суперпозиции бегущих волн. Постоянная распространения и характеристическое сопротивление. Распространение узкополосного сигнала по линии передачи со слабой дисперсией. Фазовая и групповая скорости. Резонатор как отрезок длинной линии. Параметры резонатора. Соотношение между собственной и нагруженной добротностями. Четвертьволновой и полуволновой резонаторы. Резонатор, укороченный емкостью. Решение электростатической задачи методом разделения переменных. Диэлектрический шар в однородном поле. Решение плоской электростатической задачи методом конформных отображений. Комплексный потенциал. Интеграл Кристоффеля-Шварца. Расчет поля вблизи края плоского конденсатора. Решение электростатической задачи методом изображений. Точечный заряд вблизи плоской границы раздела диэлектриков. Точечный заряд вблизи проводящей сферы. Заряженная ось вблизи диэлектрического цилиндра. Скин-эффект. Граничное условие Леонтовича. Потери мощности в стенках прямоугольного волновода для главного типа волны. TE и TM волны в круглом волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Трансформация входного </p> | | |
|--|--|--|--|--|

| | | | | |
|--|--|---|--|--------------------------------|
| | | <p>сопротивления вдоль длинной линии. Согласование нагрузки длинной линии при помощи последовательного и параллельного шлейфов. Уравнения электрического поля постоянных токов в проводящей среде. Граничные условия. Законы Кирхгофа как следствие из уравнений Максвелла. Уравнения электростатического поля. Электростатический потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Граничные условия для векторов поля и потенциала в электростатике. Уравнения силовых линий и эквипотенциалей. Энергия и пондеромоторные силы, действующие на проводники, в электростатическом поле. Электростатические поля заряженной оси, коаксиальной и двухпроводной линий. Электрическая емкость системы заряженных тел. Электростатические поля точечного заряда, электрического диполя. Поле системы произвольного числа точечных зарядов - разложение поля по мультиполям.</p> | | |
| <p>ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности</p> | <p>у1. уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию</p> | <p>Волноводные резонаторы. Параметры резонатора. Резонатор, образованный закороченным отрезком прямоугольного волновода. Резонатор, образованный закороченным отрезком круглого волновода. Волны в продольно-однородных направляющих структурах. Типы волн (TE, TM, TEM). Критические частота, длина волны, волновое число. TE и TM волны в прямоугольном волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Входное сопротивление нагруженного отрезка длинной линии без потерь. Коэффициент отражения. Коэффициент стоячей волны. Векторная диаграмма токов и напряжений в различных сечениях линии. Круговая диаграмма полных сопротивлений - диаграмма Смита. Расчет погонных параметров продольно-однородных длинных линий передачи. Линии передачи с малыми потерями. Гармоническое переменное электромагнитное поле.</p> | | <p>Экзамен, вопросы 1 - 10</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>Система уравнений Максвелла в комплексной форме. Комплексные электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов в комплексной форме. Уравнения Гельмгольца для векторов поля. Баланс энергии гармонического электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Магнитное поле постоянного тока для замкнутого витка - магнитного диполя. Магнитное поле постоянных токов. Векторный потенциал магнитного поля. Граничные условия для векторов поля и потенциала. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Аналогия с электростатикой. Общее решение уравнения Пуассона в случае линейных токов. Энергия и пондеромоторные силы, действующие на проводники, в магнитном поле постоянных токов. Магнитные поля постоянного тока для оси, круглого проводника конечного диаметра, двухпроводной линии. Граница применения электростатических аналогов. Индуктивность контура с током. Индуктивность двухпроводной линии. Магнитное поле и индуктивность коаксиальной линии. Взаимная индуктивность. Передача мощности от генератора к нагрузке по длинной линии. Режим передачи максимальной мощности. Переменное электромагнитное поле. Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов. Калибровка Лоренца. Граничные условия для векторов поля и потенциалов. Продольно-однородные длинные линии передачи - эквивалентное представление сосредоточенными элементами. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений в виде суперпозиции бегущих волн. Постоянная распространения и характеристическое</p> | | |
|--|---|--|--|

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>сопротивление. Распространение узкополосного сигнала по линии передачи со слабой дисперсией. Фазовая и групповая скорости. Резонатор как отрезок длинной линии. Параметры резонатора. Соотношение между собственной и нагруженной добротностями. Четвертьволновой и полуволновой резонаторы. Резонатор, укороченный емкостью. Решение электростатической задачи методом разделения переменных. Диэлектрический шар в однородном поле. Решение плоской электростатической задачи методом конформных отображений. Комплексный потенциал. Интеграл Кристоффеля-Шварца. Расчет поля вблизи края плоского конденсатора. Решение электростатической задачи методом изображений. Точечный заряд вблизи плоской границы раздела диэлектриков. Точечный заряд вблизи проводящей сферы. Заряженная ось вблизи диэлектрического цилиндра. Скин-эффект. Граничное условие Леонтовича. Потери мощности в стенках прямоугольного волновода для главного типа волны. Трансформация входного сопротивления вдоль длинной линии. Согласование нагрузки длинной линии при помощи последовательного и параллельного шлейфов. Уравнения электростатического поля. Электростатический потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Граничные условия для векторов поля и потенциала в электростатике. Уравнения силовых линий и эквипотенциалей. Энергия и ponderomotorные силы, действующие на проводники, в электростатическом поле. Электростатические поля заряженной оси, коаксиальной и двухпроводной линий. Электрическая емкость системы заряженных тел. Электростатические поля точечного заряда, электрического диполя. Поле системы произвольного числа</p> | | |
|--|---|--|--|

| | | | | |
|-------|---|--|--|-------------------------|
| | | точечных зарядов - разложение поля по мультиполям. | | |
| ОПК.4 | у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач | <p>Волноводные резонаторы. Параметры резонатора. Резонатор, образованный закороченным отрезком прямоугольного волновода. Резонатор, образованный закороченным отрезком круглого волновода. Волновые сопротивления прямоугольного волновода для главного типа волны. Параметры эквивалентной длинной линии. Волны в продольно-однородных направляющих структурах. Типы волн (TE, TM, TEM). Критическая частота, длина волны, волновое число. TE и TM волны в прямоугольном волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Входное сопротивление нагруженного отрезка длинной линии без потерь. Коэффициент отражения. Коэффициент стоячей волны. Векторная диаграмма токов и напряжений в различных сечениях линии. Круговая диаграмма полных сопротивлений - диаграмма Смита. Расчет погонных параметров продольно-однородных длинных линий передачи. Линии передачи с малыми потерями. Гармоническое переменное электромагнитное поле. Система уравнений Максвелла в комплексной форме. Комплексные электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов в комплексной форме. Уравнения Гельмгольца для векторов поля. Баланс энергии гармонического электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Магнитное поле постоянного тока для замкнутого витка - магнитного диполя. Магнитное поле постоянных токов. Векторный потенциал магнитного поля. Граничные условия для векторов поля и потенциала. Уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала. Аналогия с электростатикой. Общее</p> | | Экзамен, вопросы 1 - 10 |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>решение уравнения Пуассона в случае линейных токов. Энергия и пондеромоторные силы, действующие на проводники, в магнитном поле постоянных токов. Магнитные поля постоянного тока для оси, круглого проводника конечного диаметра, двухпроводной линии. Граница применения электростатических аналогов. Индуктивность контура с током. Индуктивность двухпроводной линии. Магнитное поле и индуктивность коаксиальной линии. Взаимная индуктивность. Переменное электромагнитное поле. Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения Даламбера для потенциалов. Калибровка Лоренца. Граничные условия для векторов поля и потенциалов. Распространение узкополосного сигнала по линии передачи со слабой дисперсией. Фазовая и групповая скорости. Резонатор как отрезок длинной линии. Параметры резонатора. Соотношение между собственной и нагруженной добротностями. Четвертьволновой и полуволновой резонаторы. Резонатор, укороченный емкостью. Решение электростатической задачи методом разделения переменных. Диэлектрический шар в однородном поле. Решение плоской электростатической задачи методом конформных отображений. Комплексный потенциал. Интеграл Кристоффеля-Шварца. Расчет поля вблизи края плоского конденсатора. Скин-эффект. Граничное условие Леонтовича. Потери мощности в стенках прямоугольного волновода для главного типа волны. TE и TM волны в круглом волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. Уравнения электрического поля постоянных токов в проводящей среде. Граничные условия. Законы Кирхгофа как следствие из уравнений Максвелла.</p> | | |
|--|---|--|--|

| | | | | |
|---|---|--|--|---------------------|
| ПК.2/НИ способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта | у7. уметь проводить научные исследования в установках с присутствием электромагнитного поля | Волны в продольно- однородных направляющих структурах. Типы волн (ТЕ, ТМ, ТЕМ). Критические частота, длина волны, волновое число. ТЕ и ТМ волны в прямоугольном волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. ТЕ и ТМ волны в круглом волноводе. Главный тип волны. Высшие типы волн. | | Экзамен, вопрос 10. |
|---|---|--|--|---------------------|

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ОПК.4, ПК.2/НИ.

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Билет включает в себя десять вопросов.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ОПК.4, ПК.2/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания

выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Теория электромагнитного поля», 5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Каждый вариант теста включает в себя 10 вопросов с вариантами ответа. Кроме того, преподаватель имеет право задать студенту вопрос из общего перечня, П. 4.

Форма экзаменационного теста

| | Вопрос | Варианты ответа | |
|---|---|-----------------|---|
| 1 | Записать систему уравнений Максвелла в дифференциальной форме. | а) | $\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \operatorname{div} \vec{D} = \rho$ $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0$ |
| | | б) | $\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \operatorname{div} \vec{D} = 0$ $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0$ |
| | | в) | $\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \operatorname{div} \vec{D} = \rho$ $\operatorname{rot} \vec{E} = \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0$ |
| 2 | Записать выражение для погонной емкости коаксиальной линии (радиусы проводников r_1 и r_2 , заполнение – диэлектрик с проницаемостью ε). | а) | $C_1 = 2\pi\varepsilon\varepsilon_0 \ln \frac{r_2}{r_1}$ |
| | | б) | $C_1 = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$ |
| | | в) | $C_1 = 2\pi\varepsilon\varepsilon_0 \frac{r_2}{r_1}$ |
| 3 | Записать закон сохранения энергии электромагнитного поля (теорема Умова-Пойнтинга) в интегральной форме. | а) | $\oint_S \vec{H} d\vec{S} + \frac{dW}{dt} + P = 0$ |
| | | б) | $\oint_S \vec{H} d\vec{S} - \frac{dW}{dt} - P = 0$ |

| | | | |
|----|--|----|--|
| | | в) | $\oint_S \vec{H} d\vec{S} + W + P = 0$ |
| 4 | Чему равна напряженность поля на полюсе металлического шара радиусом a при внесении его в однородное электростатическое поле напряженностью E_0 ? | а) | E_0 / a |
| | | б) | $2E_0$ |
| | | в) | $3E_0$ |
| 5 | Записать выражение для постоянной распространения длинной линии через ее погонные сопротивление и проводимость. | а) | $\dot{K}_z = -j\sqrt{\dot{Z}_1\dot{Y}_1}$ |
| | | б) | $\dot{K}_z = \sqrt{\dot{Z}_1\dot{Y}_1}$ |
| | | в) | $\dot{K}_z = \sqrt{\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Y}_1}}$ |
| 6 | Записать формулу, связывающую КСВН и коэффициент отражения нагрузки. | а) | $KCBH = \frac{1}{ \dot{\Gamma}_H }$ |
| | | б) | $KCBH = \frac{1 + \dot{\Gamma}_H }{1 - \dot{\Gamma}_H }$ |
| | | в) | $KCBH = 1 + \dot{\Gamma}_H ^2$ |
| 7 | Записать формулу для вычисления волнового сопротивления согласующего четвертьволнового трансформатора по сопротивлению нагрузки и волновому сопротивлению линии. | а) | $Z_T = \sqrt{Z_0 R_H}$ |
| | | б) | $Z_T = \sqrt{Z_0 / R_H}$ |
| | | в) | $Z_T = \sqrt{Z_0^2 + R_H^2}$ |
| 8 | Записать выражение для длины волны в волноводе через критическую длину волны и длину волны в свободном пространстве. | а) | $\Lambda = \frac{\lambda / \lambda_{кр}}{\sqrt{1 - (\lambda / \lambda_{кр})^2}}$ |
| | | б) | $\Lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\lambda / 2\lambda_{кр})^2}}$ |
| | | в) | $\Lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\lambda / \lambda_{кр})^2}}$ |
| 9 | Записать формулу для расчета глубины скин-слоя в металле. | а) | $\delta = \sqrt{\frac{1}{\omega\sigma\mu_0}}$ |
| | | б) | $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\sigma\mu_0}}$ |
| | | в) | $\delta = \sqrt{\frac{\sigma}{2\omega\mu_0}}$ |
| 10 | Записать выражение для вычисления резонансной частоты моды E_{010} цилиндрического резонатора (радиусом a и длиной L). | а) | $\omega_0 = \frac{c\nu_{01}}{a}$, где ν_{01} – первый 0-го порядка функции Бесселя 0-го порядка |
| | | б) | $\omega_0 = \frac{c\nu_{01}}{a+L}$, где ν_{01} – первый 0-го порядка функции Бесселя 0-го порядка |

| | | | |
|--|--|----|--|
| | | в) | $\omega_0 = \frac{c\nu_{01}}{2a + L}$, где ν_{01} – первый 0 функции Бесселя 0-го порядка |
|--|--|----|--|

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент верно ответил на 4 и менее вопросов теста, оценка составляет *от 0 до 10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 5 – 6 вопросов теста, оценка составляет *от 11 до 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 7 – 8 вопросов теста, оценка составляет *от 21 до 30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 9 – 10 вопросов теста, оценка составляет *от 31 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

В ходе семестра студенты решают задачи по предмету. Сдача данных задач является допуском к экзамену.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория электромагнитного поля»

| | Вопрос | Варианты ответа | |
|---|--|-----------------|--|
| 1 | Записать систему уравнений Максвелла в дифференциальной форме. | а) | $rot\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ $div\vec{D} = \rho$ $rot\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ $div\vec{B} = 0$ |
| | | б) | $rot\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ $div\vec{D} = 0$ $rot\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ $div\vec{B} = 0$ |
| | | в) | $rot\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ $div\vec{D} = \rho$ $rot\vec{E} = \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ $div\vec{B} = 0$ |
| 2 | Записать выражение для погонной емкости коаксиальной линии (радиусы проводников r_1 и r_2 , заполнение – диэлектрик с проницаемостью ϵ). | а) | $C_1 = 2\pi\epsilon\epsilon_0 \ln \frac{r_2}{r_1}$ |
| | | б) | $C_1 = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$ |
| | | в) | $C_1 = 2\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{r_2}{r_1}$ |
| 3 | Записать закон сохранения энергии электромагнитного поля (теорема | а) | $\oint_S \vec{I} d\vec{S} + \frac{dW}{dt} + P = 0$ |

| | | |
|----|--|--|
| | Умова-Пойнтинга) в интегральной форме. | б) $\oint_S \vec{H} d\vec{S} - \frac{dW}{dt} - P = 0$ |
| | | в) $\oint_S \vec{H} d\vec{S} + W + P = 0$ |
| 4 | Чему равна напряженность поля на полюсе металлического шара радиусом a при внесении его в однородное электростатическое поле напряженностью E_0 ? | а) E_0 / a |
| | | б) $2E_0$ |
| | | в) $3E_0$ |
| 5 | Записать выражение для постоянной распространения длинной линии через ее погонные сопротивление и проводимость. | а) $\dot{K}_z = -j\sqrt{\dot{Z}_1\dot{Y}_1}$ |
| | | б) $\dot{K}_z = \sqrt{\dot{Z}_1\dot{Y}_1}$ |
| | | в) $\dot{K}_z = \sqrt{\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Y}_1}}$ |
| 6 | Записать формулу, связывающую КСВН и коэффициент отражения нагрузки. | а) $KCBH = \frac{1}{ \dot{\Gamma}_H }$ |
| | | б) $KCBH = \frac{1+ \dot{\Gamma}_H }{1- \dot{\Gamma}_H }$ |
| | | в) $KCBH = 1+ \dot{\Gamma}_H ^2$ |
| 7 | Записать формулу для вычисления волнового сопротивления согласующего четвертьволнового трансформатора по сопротивлению нагрузки и волновому сопротивлению линии. | а) $Z_T = \sqrt{Z_0 R_H}$ |
| | | б) $Z_T = \sqrt{Z_0 / R_H}$ |
| | | в) $Z_T = \sqrt{Z_0^2 + R_H^2}$ |
| 8 | Записать выражение для длины волны в волноводе через критическую длину волны и длину волны в свободном пространстве. | а) $\Lambda = \frac{\lambda / \lambda_{кр}}{\sqrt{1 - (\lambda / \lambda_{кр})^2}}$ |
| | | б) $\Lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\lambda / 2\lambda_{кр})^2}}$ |
| | | в) $\Lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\lambda / \lambda_{кр})^2}}$ |
| 9 | Записать формулу для расчета глубины скин-слоя в металле. | а) $\delta = \sqrt{\frac{1}{\omega\sigma\mu_0}}$ |
| | | б) $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\sigma\mu_0}}$ |
| | | в) $\delta = \sqrt{\frac{\sigma}{2\omega\mu_0}}$ |
| 10 | Записать выражение для вычисления резонансной частоты моды E_{010} цилиндрического резонатора (радиусом | а) $\omega_0 = \frac{c\nu_{01}}{a}$, где ν_{01} – первый 0 функции Бесселя 0-го порядка |

| | | | |
|---|--|-----------------|--|
| | a и длиной L). | б) | $\omega_0 = \frac{c\nu_{01}}{a+L}$, где ν_{01} – первый 0 функции Бесселя 0-го порядка |
| | | в) | $\omega_0 = \frac{c\nu_{01}}{2a+L}$, где ν_{01} – первый 0 функции Бесселя 0-го порядка |
| | Вопрос | Варианты ответа | |
| 1 | Записать граничные условия для напряженностей и индукций. | а) | $D_{2n} - D_{1n} = \rho_s$ $E_{2t} - E_{1t} = 0$ $B_{2n} - B_{1n} = 0$ $H_{2t} - H_{1t} = -J_s$ |
| | | б) | $D_{2n} - D_{1n} = 0$ $E_{2t} - E_{1t} = 0$ $B_{2n} - B_{1n} = 0$ $H_{2t} - H_{1t} = 0$ |
| | | в) | $D_{2n} - D_{1n} = \rho_s$ $E_{2t} - E_{1t} = 0$ $B_{2n} - B_{1n} = -\mu_0 J_s$ $H_{2t} - H_{1t} = 0$ |
| 2 | Записать выражение (в Декартовой системе координат: ось z направлена вдоль проводов, провода расположены на плоскости xz симметрично относительно оси y) для электростатического потенциала двухпроводной линии (расстояние между проводами $2a$, погонный заряд проводов $\pm\tau$). | а) | $\varphi(x, y) = \frac{\tau}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{(x+a)^2 + y^2}{(x-a)^2 + y^2}$ |
| | | б) | $\varphi(x, y) = \frac{\tau}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{(x+a)^2 + y^2}{(x-a)^2 + y^2}$ |
| | | в) | $\varphi(x, y) = \frac{\tau}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{x+a+y}{x-a+y}$ |
| 3 | Записать формулу для вычисления энергии магнитного поля постоянных токов (контуров с токами), локализованных в пространстве (в объеме V') через векторный потенциал магнитного поля и плотность тока. | а) | $W_M = \frac{1}{2} \int_{V'} \text{rot} \vec{A} \vec{J} dV$ |
| | | б) | $W_M = \frac{1}{2} \int_{V'} \vec{A} \text{div} \vec{J} dV$ |
| | | в) | $W_M = \frac{1}{2} \int_{V'} \vec{A} \vec{J} dV$ |
| 4 | Чему равна напряженность поля на полюсе металлического цилиндра радиусом a при внесении его в однородное электростатическое поле напряженностью E_0 ? | а) | E_0 / a |
| | | б) | $2E_0$ |
| | | в) | $3E_0$ |
| 5 | Записать выражение для волнового сопротивления длинной линии через ее погонные сопротивление и проводимость. | а) | $\dot{Z}_0 = \sqrt{\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Y}_1}}$ |
| | | б) | $\dot{Z}_0 = \sqrt{\dot{Z}_1 \dot{Y}_1}$ |
| | | в) | $\dot{Z}_0 = -j \sqrt{\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Y}_1}}$ |
| 6 | Записать формулу для расчета коэффициента отражения нагрузки по ее комплексному сопротивлению и волновому сопротивлению линии. | а) | $\dot{\Gamma}_H = \frac{\dot{Z}_H - Z_0}{\dot{Z}_H + Z_0}$ |
| | | б) | $\dot{\Gamma}_H = \frac{\dot{Z}_H + Z_0}{\dot{Z}_H - Z_0}$ |

| | | | |
|----|---|----|--|
| | | в) | $\dot{\Gamma}_H = \frac{\dot{Z}_H}{Z_0}$ |
| 7 | Записать формулу для вычисления волнового сопротивления коаксиальной линии (радиусы проводников r_1 и r_2 , заполнение – диэлектрик с проницаемостью ε). | а) | $Z_0 \approx \frac{50}{\sqrt{\varepsilon}} \ln \frac{r_2}{r_1}$ |
| | | б) | $Z_0 \approx \frac{60}{\sqrt{\varepsilon}} \ln \frac{r_2}{r_1}$ |
| | | в) | $Z_0 \approx \frac{377}{\sqrt{\varepsilon}} \ln \frac{r_2}{r_1}$ |
| 8 | Записать уравнение связи волновых чисел (критического $k_{кр}$, в свободном пространстве k и в волноводе K_z) для волны в волноводе. | а) | $k_{кр}^2 + K_z^2 = k^2$ |
| | | б) | $k^2 + K_z^2 = k_{кр}^2$ |
| | | в) | $k_{кр}^2 + k^2 = K_z^2$ |
| 9 | Записать граничное условие Леонтовича. | а) | $\dot{E}_t \approx 0, \dot{H}_t = 0$ |
| | | б) | $\dot{E}_t \approx \dot{Z}_s \dot{H}_t$ |
| | | в) | $\dot{E}_t \approx \dot{Z}_s [\dot{H}_t \times \vec{n}_0]$ |
| 10 | Записать выражение для вычисления резонансного волнового числа моды H_{mnp} «прямоугольного» резонатора ($a \times b \times L$). | а) | $k_0 = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{L}\right)^2}$ |
| | | б) | $k_0 = \sqrt{\left(\frac{\nu_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{L}\right)^2}$, где ν_{mn} – n -ый 0 функции Бесселя m -го порядка |
| | | в) | $k_0 = \sqrt{\left(\frac{\nu'_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{L}\right)^2}$, где ν'_{mn} – n -ый 0 первой производной функции Бесселя m -го порядка |