

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 31

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

Ст. преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

А.В. Статкевич

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«16» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория физических полей»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	16.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Техническая физика
Наименование направленности/ специализации	Физические методы контроля качества и диагностики
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

16.02.2026

(подпись, дата)



М.Ю. Егоров

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 31

«16» февраля 2026 г, протокол № 5

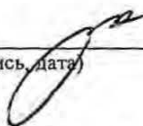
Заведующий кафедрой № 31

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

16.02.2026

(подпись, дата)



В.Ф. Шишлаков

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

16.02.2026

(подпись, дата)



Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Теория физических полей» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 16.03.01 «Техническая физика» направленности/специализации «Физические методы контроля качества и диагностики». Дисциплина реализуется кафедрой «№31».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности»

ОПК-4 «Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с

- основными законами и уравнениями физических полей: электромагнитного, теплового и гравитационного;
- элементами единой теории поля, позволяющей выразить энергетические характеристики одного из физических полей через другое, на примере параметров электромагнитного поля, определенных как ротор параметров гравитационного поля;
- математическим аппаратом векторного анализа, позволяющим анализировать происходящие в указанных физических полях процессы полевыми методами;
- расчетом или анализом энергетических параметров электромагнитного, теплового и гравитационного полей;
- изучением комплекса задач, связанных с условиями на границе раздела сред и аналитическим, численным или графическим методом решения уравнения Лапласа для потенциальных полей.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, консультации.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний об основных законах, уравнениях и методах расчета физических полей различной природы, приобретение навыков расчета и анализа параметров и характеристик физических полей различных устройств, а также параметров физических полей на границах раздела сред, умение пользоваться типовыми приборами для исследования физических полей. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им использовать на практике методы расчета и анализа физических полей. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных видов магнитных цепей, а также энергетических параметров электромагнитных, тепловых и гравитационных полей..

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.3.1 знать основные положения, методы и законы естественно-научных дисциплин ОПК-1.У.1 уметь применять знания естественно-научных дисциплин для решения профессиональных задач
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной	ОПК-4.3.1 знать основные методы проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных в ходе проведения экспериментов данных в избранной области технической физики

	деятельности	
--	--------------	--

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

– «Физика».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

«Физические методы получения информации»

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки		
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	34
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	54	54
Самостоятельная работа, всего (час)	22	22
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.,	Экз.,

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Введение, основные определения и понятия теории физических полей. Тема 1.1. Цели и задачи курса. Место курса в системе дисциплин, обеспечивающих подготовку студента по данной направленности. Тема 1.2. Поле как совокупность взаимодействий частиц. Основные свойства полей.	1				2

Раздел 2. Элементы математического анализа. Тема 2.1. Дифференциальные уравнения в частных производных. Уравнение Лапласа в трехмерном пространстве.	1	6			2
Раздел 3. Некоторые сведения из векторного анализа. Тема 3.1. Понятие о градиенте скалярной функции. Понятие о дивергенции векторной функции. Понятие о роторе векторной функции. Тема 3.2. Представление операций векторного анализа в различных системах координат:	2	8			2
Раздел 4. Основные законы и уравнения электромагнитного поля. Тема 4.1. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Закон сохранения заряда. Правила Кирхгофа в дифференциальной форме. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ампера. Закон Ома для магнитной цепи. Сила Лоренца. Закон полного тока. Обобщенный закон полного тока. Закон Фарадея. Закон электромагнитной индукции.	3	12			2
Раздел 5. Уравнения Максвелла. Волновые уравнения. Тема 5.1. Уравнения Максвелла. Волновые уравнения. Векторные и скалярные потенциалы. Тема 5.2. Граничные условия. Уравнение Пойтинга в интегральной и дифференциальной форме. Тема 5.3. Пример использования уравнений Максвелла при решении практических задач.	4	4			2
Раздел 6. Потенциальные поля и методы их расчета. Тема 6.1. Вихревые и потенциальные поля. Тема 6.2. Аналитические методы решения уравнения Лапласа. Тема 6.3. Численные методы решения уравнения Лапласа. Тема 6.4. Графические методы решения уравнения Лапласа.	2	4			4
Раздел 7. Основные свойства плоских электромагнитных волн. Тема 7.1. Основные определения и понятия для плоской электромагнитной волны. Тема 7.2. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред.	1				6
Раздел 8. Тепловое поле. Тема 8.1. Температурное поле. Уравнение теплопроводности. Тема 8.2. Решение тепловых задач полевыми методами.	1				2
Итого в семестре:	34	34			22
Итого	34	34	0	0	22

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Цели и задачи курса. Место курса в системе дисциплин, обеспечивающих подготовку студента по данной направленности. Поле как совокупность взаимодействий частиц. Основные свойства полей. Потенциальные поля.
2	Дифференциальные уравнения в частных производных. Уравнение Лапласа в трехмерном пространстве. Оператор Лапласа. Уравнение Пуассона.
3	Скалярное поле. Понятие о градиенте скалярной функции. Формальные свойства градиента. Векторное поле. Понятие о дивергенции векторной функции. Понятие о роторе векторной функции. Формальные свойства ротора. Представление операций векторного анализа в различных системах координат: декартовой, сферической, цилиндрической. Основные тождества и интегральные соотношения.
4	Закон Кулона. Теорема Гаусса. Закон сохранения заряда. Правила Кирхгофа в дифференциальной форме. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ампера. Закон Ома для магнитной цепи. Сила Лоренца. Закон полного тока. Обобщенный закон полного тока. Закон Фарадея. Закон электромагнитной индукции.
5	Интегральная форма уравнений Максвелла. Дифференциальная форма уравнений Максвелла. Обобщенные неоднородные векторные волновые уравнения для электромагнитного поля. Векторный и скалярный потенциалы электрического поля. Векторный и скалярный потенциалы магнитного поля. Векторный электрический потенциал при исследовании магнитного поля витка с постоянным током. Граничные условия. Решения уравнения Гельмгольца для различных систем координат. Уравнение Пойтинга в интегральной и дифференциальной форме. Электромагнитное поле внутри круглого провода. Внутренняя индуктивность провода. Напряженность электрического поля и напряженность магнитного поля двухпроводной линии. Внешняя индуктивность двухпроводной линии.
6	Вихревые и потенциальные поля. Электростатическое поле. Электрическое поле постоянного тока. Магнитное поле постоянного тока. Три аналитических метода решения уравнения Лапласа. Метод разделения переменных. Метод

	зеркальных изображений. Метод конформных преобразований. Численные методы решения уравнения Лапласа. Системы конечно-разностных уравнений. Метод сеток. Графические методы решения уравнения Лапласа.
7	Плоская волна. Напряженность плоской волны. Волновое сопротивление среды. Комплексное волновое число. Фаза и длина волны. Фазовая скорость волны. Явление поверхностного эффекта. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред. Угол полного преломления.
8	Температурное поле. Уравнение теплопроводности. Уравнение двумерного температурного поля. Температурный градиент. Коэффициент теплопроводности. Решение тепловых задач полевыми методами. Тепловые цепи. Тепловое сопротивление. Тепловое напряжение. Тепловая емкость. Тепловая индуктивность.
9	Механика сплошных сред. Единое гравитационное поле ускорений и импульсов. Гравитационное поле движущегося тела. Гравитационное поле Земли и других планет. Электромагнитное поле как ротор гравитационного поля. Последовательность вихревых полей

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5					
1	Решение дифференциального уравнения первого порядка, решение простейшего дифференциального уравнения второго порядка	Решение задач	6		2
2	Определение дивергенции поля вектора	Решение задач	4		3
3	Расчет параметров электромагнитного поля для цилиндрической и сферической системы координат	Решение задач	4		3
4	Определение электромагнитных характеристик различных сред	Решение задач	4		4

5	Определение электромагнитных параметров на основании закона электромагнитной индукции	Решение задач	4		4
6	Исследование магнитной цепи	Решение задач	4		4
7	Определение электромагнитных параметров на основании закона полного тока	Решение задач	4		5
8	Определение направления энергетических характеристик электромагнитного поля	Решение задач	4		6
Всего			34		

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	5	5
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)	5	5
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	2	2
Всего:	22	22

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://www.afportal.ru/physics/together/electricity	Астрофизический портал. Подраздел «Электричество и магнетизм».
http://электротехнический-портал.рф/	Электротехнический портал.рф .Электротехнический портал для студентов ВУЗов и инженеров
https://pro.guap.ru/	Материалы для выполнения лабораторных, практических и курсовых работ, варианты для их выполнения, а также электронный лекционный материал по дисциплине размещаются внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения» в течение учебного семестра

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по точке доступа Wi-Fi.	
2	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; панель интерактивная/телевизор; Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 13 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети.	21-12, 21-13 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
3	Помещение для самостоятельной работы, Интернет-класс. Специализированная мебель, возможность подключения к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации. 10 ПК, Принтер лазерный HPLJP4515n, Принтер HP LaserJetEnterprise 600 M602dn.	12-16 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся - Читальный зал библиотеки ГУАП: специализированная мебель; персональные компьютеры – 10 шт., обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети и точке доступа WiFi, а также к электронно-библиотечным системам, реферативной базе данных Scopus; копировальный аппарат Kyocera KM2035.	22-19 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Тесты

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код
-------	--	-----

		индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	<p>Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.</p> <p>Укажите выражение для модуля силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов q_1 и q_2, расположенных в вакууме на расстоянии r друг от друга.</p> <p>1. $F = (1 / 4\pi\epsilon_0) \cdot q_1 + q_2 / r$.</p> <p>2. $F = (1 / 4\pi\epsilon_0) \cdot q_1 q_2 / r^2$.</p> <p>3. $F = \epsilon_0 \cdot q_1 q_2 / r^2$.</p> <p>4. $F = (1 / 4\pi\epsilon_0) \cdot q_1 q_2 \cdot r^2$.</p> <p>Ответ: 2.</p> <p>Обоснование: Закон Кулона устанавливает, что сила взаимодействия точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Коэффициент пропорциональности равен $1 / (4\pi\epsilon_0)$.</p>	ОПК-1.3.1
2	<p>2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов.</p> <p>Выберите верные утверждения, относящиеся к теореме Гаусса для электрического поля и закону сохранения заряда.</p> <p>1. Поток вектора электрической индукции через замкнутую поверхность равен свободному заряду внутри этой поверхности: $\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = Q_{\text{внутр}}$.</p> <p>2. В дифференциальной форме теорема Гаусса записывается как $\text{div } \mathbf{D} = \rho$.</p>	ОПК-1.У.1

	<p>3. Электрический поток через замкнутую поверхность определяется только зарядами, расположенными вне этой поверхности.</p> <p>4. Закон сохранения заряда выражается уравнением непрерывности: $\operatorname{div} \mathbf{J} + \partial \rho / \partial t = 0$.</p> <p>5. При накоплении положительного заряда в объеме обязательно выполняется $\operatorname{div} \mathbf{J} > 0$.</p> <p>Ответ: 1, 2, 4.</p> <p>Обоснование: Теорема Гаусса связывает поток \mathbf{D} с зарядом, заключенным внутри поверхности, а ее локальная форма связывает дивергенцию \mathbf{D} с объемной плотностью заряда. Уравнение непрерывности фиксирует сохранение заряда: если заряд в объеме увеличивается, суммарный ток из объема уменьшается, поэтому утверждение 5 в общем случае неверно.</p>																													
3	<p>3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце.</p> <p>Соотнесите физический закон или правило с его дифференциальной математической записью.</p> <table><tr><th></th><th>Закон / правило</th><th></th><th>Математическая форма</th></tr><tr><td>А)</td><td>Первое правило Кирхгофа для стационарного электрического тока.</td><td>1.</td><td>$p = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$.</td></tr><tr><td>Б)</td><td>Второе правило Кирхгофа для электростатического поля.</td><td>2.</td><td>$\operatorname{div} \mathbf{J} + \partial \rho / \partial t = 0$.</td></tr><tr><td>В)</td><td>Закон сохранения заряда в общем случае.</td><td>3.</td><td>$\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0$.</td></tr><tr><td>Г)</td><td>Закон Джоуля-Ленца в локальной форме.</td><td>4.</td><td>$\operatorname{div} \mathbf{J} = 0$.</td></tr></table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</p> <table><tr><td>А</td><td>Б</td><td>В</td><td>Г</td></tr><tr><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>		Закон / правило		Математическая форма	А)	Первое правило Кирхгофа для стационарного электрического тока.	1.	$p = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$.	Б)	Второе правило Кирхгофа для электростатического поля.	2.	$\operatorname{div} \mathbf{J} + \partial \rho / \partial t = 0$.	В)	Закон сохранения заряда в общем случае.	3.	$\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0$.	Г)	Закон Джоуля-Ленца в локальной форме.	4.	$\operatorname{div} \mathbf{J} = 0$.	А	Б	В	Г	4	3	2	1	ОПК-4.3.1
	Закон / правило		Математическая форма																											
А)	Первое правило Кирхгофа для стационарного электрического тока.	1.	$p = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$.																											
Б)	Второе правило Кирхгофа для электростатического поля.	2.	$\operatorname{div} \mathbf{J} + \partial \rho / \partial t = 0$.																											
В)	Закон сохранения заряда в общем случае.	3.	$\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0$.																											
Г)	Закон Джоуля-Ленца в локальной форме.	4.	$\operatorname{div} \mathbf{J} = 0$.																											
А	Б	В	Г																											
4	3	2	1																											
4	<p>4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность.</p> <p>Запишите соответствующую последовательность букв слева направо.</p> <p>Укажите правильную последовательность расчета количества теплоты, выделяемого в однородном проводнике за время t при заданном напряжении U.</p>	ОПК-1.У.1																												

	<p>А) Вычислить электрическое сопротивление проводника: $R = \rho l / S$.</p> <p>Б) Найти силу тока: $I = U / R$.</p> <p>В) Определить электрическую мощность тепловыделения: $P = I^2 R$.</p> <p>Г) Рассчитать количество теплоты по закону Джоуля-Ленца: $Q = Pt = I^2 R t$.</p> <p>Внесите в таблицу соответствующую последовательность букв слева направо.</p> <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Ответ:</p> <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>А)</td><td>Б)</td><td>В)</td><td>Г)</td></tr></table>													А)	Б)	В)	Г)	
А)	Б)	В)	Г)															
5	<p>5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.</p> <p>Опишите закон Ампера: физический смысл, математическую запись для прямолинейного участка проводника, правило определения направления силы и пример практического применения.</p> <p>Ответ: Закон Ампера определяет механическое действие магнитного поля на проводник с электрическим током. Для прямолинейного участка длиной l в однородном магнитном поле сила равна $F = BIl \sin \alpha$, где B - магнитная индукция, I - ток, α - угол между направлением тока и вектором B. В векторной форме $dF = I(dl \times B)$.</p> <p>Направление силы определяется правилом левой руки: если линии магнитной индукции входят в ладонь, а четыре вытянутых пальца направлены по току, отогнутый большой палец показывает направление силы Ампера. Сила максимальна при $\alpha = 90^\circ$ и равна нулю при параллельности проводника линиям поля.</p> <p>Пример применения - электродвигатель: на проводники рамки с током в магнитном поле действуют противоположно направленные силы, образующие вращающий момент и приводящие ротор во вращение.</p>	ОПК-1.3.1																
6	<p>1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.</p> <p>Выберите формулу закона Ома для магнитной цепи, содержащей магнитодвижущую силу F_m, магнитное сопротивление R_m и магнитный поток Φ.</p> <p>1. $\Phi = R_m / F_m$.</p> <p>2. $\Phi = F_m \cdot R_m$.</p> <p>3. $\Phi = F_m / R_m$.</p> <p>4. $F_m = \Phi / R_m$.</p> <p>Ответ: 3.</p> <p>Обоснование: Магнитный поток прямо пропорционален магнитодвижущей силе $F_m = NI$ и обратно пропорционален</p>	ОПК-1.3.1																

	магнитному сопротивлению $R_m = 1 / (\mu S)$. Поэтому $\Phi = F_m / R_m$. Данная зависимость является магнитным аналогом закона Ома для электрической цепи.																					
7	<p>2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и обоснуйте свой выбор.</p> <p>Укажите верные утверждения о силе Лоренца, действующей на заряд q в электрическом и магнитном полях.</p> <p>1. В общем случае сила Лоренца записывается как $F = q(E + v \times B)$.</p> <p>2. Магнитная составляющая силы перпендикулярна скорости заряда и сама по себе не изменяет его кинетическую энергию.</p> <p>3. Магнитная составляющая силы увеличивает модуль скорости любого движущегося заряда.</p> <p>4. На неподвижный заряд в магнитном поле магнитная составляющая силы не действует.</p> <p>5. Знак заряда не влияет на направление силы Лоренца.</p> <p>Ответ: 1, 2, 4.</p> <p>Обоснование: Электрическая составляющая qE может совершать работу и изменять энергию частицы. Магнитная составляющая $q(v \times B)$ перпендикулярна скорости, поэтому искривляет траекторию без изменения модуля скорости. При $v = 0$ магнитная сила равна нулю, а для отрицательного заряда направление полной силы меняется на противоположное.</p>	ОПК-4.3.1																				
8	<p>3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце.</p> <p>Соотнесите элементы закона полного тока для стационарного магнитного поля с их содержанием.</p> <table><tr><td></td><td>Элемент закона</td><td></td><td>Описание / запись</td></tr><tr><td>А)</td><td>Интегральная форма закона полного тока.</td><td>1.</td><td>Определяется правилом правого винта относительно положительного направления тока.</td></tr><tr><td>Б)</td><td>Дифференциальная форма закона полного тока.</td><td>2.</td><td>$\text{rot } H = J$.</td></tr><tr><td>В)</td><td>Величина $I_{\text{полн}}$ в контуре интегрирования.</td><td>3.</td><td>$\oint H \cdot dl = I_{\text{полн}}$.</td></tr><tr><td>Г)</td><td>Направление обхода контура и магнитного поля.</td><td>4.</td><td>Алгебраическая сумма токов проводимости, пронизывающих поверхность контура.</td></tr></table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</p>		Элемент закона		Описание / запись	А)	Интегральная форма закона полного тока.	1.	Определяется правилом правого винта относительно положительного направления тока.	Б)	Дифференциальная форма закона полного тока.	2.	$\text{rot } H = J$.	В)	Величина $I_{\text{полн}}$ в контуре интегрирования.	3.	$\oint H \cdot dl = I_{\text{полн}}$.	Г)	Направление обхода контура и магнитного поля.	4.	Алгебраическая сумма токов проводимости, пронизывающих поверхность контура.	ОПК-1.У.1
	Элемент закона		Описание / запись																			
А)	Интегральная форма закона полного тока.	1.	Определяется правилом правого винта относительно положительного направления тока.																			
Б)	Дифференциальная форма закона полного тока.	2.	$\text{rot } H = J$.																			
В)	Величина $I_{\text{полн}}$ в контуре интегрирования.	3.	$\oint H \cdot dl = I_{\text{полн}}$.																			
Г)	Направление обхода контура и магнитного поля.	4.	Алгебраическая сумма токов проводимости, пронизывающих поверхность контура.																			

	<table><tr><td>А</td><td>Б</td><td>В</td><td>Г</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>4</td><td>1</td></tr></table> <p>Обоснование: Для стационарного магнитного поля циркуляция напряженности H по замкнутому контуру равна полному току проводимости, охваченному контуром. При переходе к локальной форме получаем $\text{rot } H = J$.</p>	А	Б	В	Г	3	2	4	1									
А	Б	В	Г															
3	2	4	1															
9	<p>4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо.</p> <p>Укажите правильную последовательность перехода от закона полного тока для постоянного тока к обобщенному закону полного тока для переменного электромагнитного поля.</p> <p>А) Ввести плотность тока смещения: $J_{\text{см}} = \partial D / \partial t$.</p> <p>Б) Записать закон полного тока для стационарного режима: $\text{rot } H = J_{\text{пр}}$.</p> <p>В) Учесть, что при изменяющемся электрическом поле ток проводимости может отсутствовать, но магнитное поле сохраняется.</p> <p>Г) Получить обобщенное уравнение Максвелла-Ампера: $\text{rot } H = J_{\text{пр}} + \partial D / \partial t$.</p> <p>Внесите в таблицу соответствующую последовательность букв слева направо.</p> <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Ответ:</p> <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Б)</td><td>В)</td><td>А)</td><td>Г)</td></tr></table> <p>Обоснование: Исходная магнитостатическая форма учитывает ток проводимости. Для согласования закона с переменным электрическим полем Максвелл ввел ток смещения, после чего суммарный источник вихревого магнитного поля содержит две составляющие.</p>													Б)	В)	А)	Г)	ОПК-1.У.1
Б)	В)	А)	Г)															
10	<p>5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.</p> <p>Опишите закон Фарадея: определение магнитного потока, формулу электродвижущей силы индукции, смысл знака «минус» и пример применения закона.</p> <p>Ответ: Магнитный поток через поверхность S определяется как $\Phi =$</p>	ОПК-4.3.1																

	$\int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$; для однородного поля и плоского контура $\Phi = BS \cos \alpha$. Закон Фарадея утверждает, что ЭДС в замкнутом контуре равна скорости изменения магнитного потока, взятой с противоположным знаком: $\epsilon_{\text{инд}} = -d\Phi/dt$, а для катушки из N витков $\epsilon_{\text{инд}} = -N d\Phi/dt$. Знак «минус» выражает правило Ленца: индуцированный ток направлен так, чтобы создаваемое им магнитное поле препятствовало изменению потока, вызвавшему этот ток. Это отражает закон сохранения энергии. Практический пример - трансформатор: переменный ток первичной обмотки создает изменяющийся магнитный поток в сердечнике, который по закону Фарадея индуцирует ЭДС во вторичной обмотке.	
--	---	--

Система оценивания тестовых заданий:

1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный – 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- постановка задачи;
- основные сведения по теме лекции;
- результаты и выводы.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах
Учебным планом не предусмотрено

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Методические указания и требования к проведению практических занятий приведены в следующих источниках:

1. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн» // С.И. Баскаков и др.; под. ред. С.И. Баскакова. – М.: Высш. шк., 1981. – 208 с.
2. Гильденбург, В.Б. Сборник задач по электродинамике // В.Б. Гильденбург, М.А. Миллер. – М.: Физматлит, 2001. – 168
3. Говорков В.А., Купалян С.Д. Теория электромагнитного поля в упражнениях и задачах: М.: Высшая школа, 1970. 304 с.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой

Учебным планом не предусмотрено

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости (ТКУ) осуществляется путем проведения двух контрольных работ в семестре.

В случае невыполнения условий ТКУ обучающийся при прохождении промежуточной аттестации не может получить оценку выше, чем «удовлетворительно».

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой