

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры теоретической физики  
протокол №4 от «12» января 2022 г.

Зав. кафедрой Вахитов Р.М.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Электродинамика**

Б1.О.19.02 обязательная

**ПРОГРАММА БАКАЛАВРИАТА**

Направления подготовки

03.03.01 – Прикладные математика и физика

Профили подготовки

**Моделирование физических процессов и технологий**

Квалификация  
**бакалавр**

Форма обучения  
Очная

Разработчик (составитель)  
доцент, к.ф.-м.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

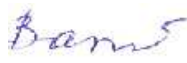
Харисов А.Т.  
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022

Составитель / составители: \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доц. Харисов А.Т. \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики протокол №4 от «12» января 2022 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  / Вахитов Р.М. /

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5 (15)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	5
4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания	5
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости) (Приложение №2)</i>	13 (18)
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	13
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	13
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	14
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.

ПК-1. Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования.

Табл. 1

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1. Знать	Знать основные понятия классической электродинамики. Знать границы применимости изученных законов и методов классической электродинамики
		ОПК-1.2. Уметь	Уметь применять изученные понятия и законы классической электродинамики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат. Уметь применять методы электродинамики к решению прикладных задач
		ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач
	ПК-1. Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1. Знать	Знать основные методы решения электродинамических задач
		ПК-1.2. Уметь	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения электродинамических величин для описания характеристик материалов электронной техники и областей их применения
		ПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методами математической физики волнового уравнения и уравнения Пуассона

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электродинамика» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

Основной целью курса «Электродинамика» является ознакомление студентов с теорией электромагнитного поля, создаваемого электрическими зарядами и с реакцией различных сред, состоящих из систем свободных и связанных зарядов на воздействие электрических и магнитных полей, как постоянных, так и переменных. Именно в курсе «Электродинамика» студенты должны овладеть основами теории электромагнитного поля и научиться применять их для решения задач по различным разделам курса «Электродинамика».

Особенностью дисциплины «Электродинамика» в курсе теоретической физики является то, что это второй раздел теоретической физики, изучаемый студентами после поступления в вуз. Еще одной особенностью курса является объем и разнообразие изучаемого материала. С электродинамикой по количеству тем можно сравнить только теоретическую механику и квантовую теорию. Поэтому часть материала (до 15%) рекомендуется для самостоятельного изучения. Это требует развития у студентов навыков самостоятельного изучения литературы, в т.ч. электронной, а также использования интернет-ресурсов. Использование справочников и интернета необходимо и для формирования элементарной математической культуры. В частности, студентам рекомендуется сайт «математические уравнения» (<http://eqworld.ipmnet.ru>), который можно использовать как для ликвидации пробелов в школьном математическом образовании, так и для освоения новых разделов (например, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики).

### **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине**

#### **4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции:

ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ОПК-1.1. Знать	Знать основные понятия классической электродинамики. Знать границы применимости изученных законов и методов классической электродинамики	Практически не знает	Знает
ОПК-1.2. Уметь	Уметь применять изученные понятия и законы классической электродинамики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходи-	Практически не умеет	Умеет

	мый математический аппарат. Уметь применять методы электродинамики к решению прикладных задач		
ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Практически не владеет	Владеет

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ОПК-1.1. Знать	Знать основные понятия классической электродинамики. Знать границы применимости изученных законов и методов классической электродинамики	Практически не знает	Имеет значительные пробелы в знаниях	Знает почти всё	Знает всё
ОПК-1.2. Уметь	Уметь применять изученные понятия и законы классической электродинамики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат. Уметь применять методы электродинамики к решению прикладных задач	Практически не умеет	Не умеет по значительной части материала дисциплины	Умеет почти всё	Умеет всё
ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Практически не владеет	Не владеет по значительной части материала дисциплины	По существу владеет	Владеет

ПК-1. Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ПК-1.1. Знать	Знать основные методы решения электродинамических задач	Практически не знает	Знает
ПК-1.2. Уметь	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы	Практически не умеет	Умеет

	измерения электродинамических величин для описания характеристик материалов электронной техники и областей их применения		
ПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методами математической физики волнового уравнения и уравнения Пуассона	Практически не владеет	Владеет

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-1.1. Знать	Знать основные методы решения электродинамических задач	Практически не знает	Имеет значительные пробелы в знаниях	Знает почти всё	Знает всё
ПК-1.2. Уметь	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения электродинамических величин для описания характеристик материалов электронной техники и областей их применения	Практически не умеет	Не умеет по значительной части материала дисциплины	Умеет почти всё	Умеет всё
ПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методами математической физики волнового уравнения и уравнения Пуассона	Практически не владеет	Не владеет по значительной части материала дисциплины	По существу владеет	Владеет

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>	<b>Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)</b>
ОПК-1.1. Знать	Знать основные понятия классической электродинамики. Знать границы применимости изученных законов и методов классической электродинамики	Приём домашних работ. Контрольная работа
ОПК-1.2. Уметь	Уметь применять изученные понятия и законы классической электродинамики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат. Уметь применять методы электродинамики к решению прикладных задач	Приём домашних работ. Контрольная работа
ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Приём домашних работ. Контрольная работа
ПК-1.1. Знать	Знать основные методы решения электродинамических задач	Приём домашних работ. Контрольная работа
ПК-1.2. Уметь	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения электродинамических величин для описания характеристик материалов электронной техники и областей их применения	Приём домашних работ. Контрольная работа
ПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методами математической физики волнового уравнения и уравнения Пуассона	Приём домашних работ. Контрольная работа

**Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу**

**5 семестр**

1. Необходимое условие существования пьезоэлектрических свойств у образца вещества. Какие вещества могут проявлять пьезоэлектрические свойства.
2. В чем состоят свойства пьезоэлектриков. Как определяется диэлектрическая проницаемость пьезоэлектриков.
3. Какова кристаллическая структура пьезоэлектриков.
4. Термодинамические свойства пьезоэлектриков.
5. Поведение пьезоэлектриков при механическом воздействии.
6. Сегнетоэлектрики. Структура сегнетоэлектриков в отличие от пьезоэлектриков.
7. Электрические неоднородности в сегнетоэлектриках. Строение кристалла сегнетоэлектриков.
8. Термодинамические свойства сегнетоэлектриков. Фазовый переход второго рода в сегнетоэлектриках.
9. Поведение сегнетоэлектриков при механическом воздействии.
10. Связь между классами сегнетоэлектриков, пьезоэлектриков и пьезоэлектриков.
11. Метамагнетики. Общая характеристика ферро-, антиферро- и ферримагнетиков.
12. Определение магнитной проницаемости и магнитной восприимчивости для ферромагнетиков и ферри-



- магнетиков.
13. Зависимость индукции магнитного поля от напряженности для ферромагнетиков. Гистерезис. Остаточная намагниченность и коэрцитивная сила.
  14. Термодинамические свойства ферромагнетиков. Температура Кюри.
  15. Кристаллическая структура ферромагнетиков. Магнитные классы. Намагниченность насыщения.
  16. Магнитные неоднородности в ферромагнетике. Фазовые переходы.
  17. Зависимость индукции магнитного поля от напряженности для антиферромагнетиков. Антиферромагнитные кристаллы.
  18. Термодинамические свойства антиферромагнетиков. Температура Нееля.
  19. Зависимость индукции магнитного поля от напряженности для ферримагнетиков. Кристаллическая структура ферримагнетиков.
  20. Термодинамические свойства ферримагнетиков. Температура Морина.
  21. Микроскопические характеристики плазмы: концентрация носителей, заряд носителей, масса носителей заряда.
  22. Проводимость плазмы. Зависимость проводимости плазмы от микроскопических характеристик и от частоты электромагнитного поля.
  23. Динамические характеристики плазмы. Ионизация и рекомбинация. Длина и время свободного пробега заряда в плазме. Уравнение электро нейтральности плазмы.
  24. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Зависимость диэлектрической проницаемости от микроскопических характеристик и частоты процесса.
  25. Магнитная проницаемость плазмы. Зависимость магнитной проницаемости от микроскопических характеристик и частоты процесса.
  26. Плазма как проводящая жидкость. Макроскопические уравнения движения для плазмы.
  27. Магнитно гидродинамические волны в плазме.
  28. Разделение компонент в плазме под действием полей.
  29. Учет нелинейных слагаемых в среднем токе. Зависимость диэлектрической проницаемости от поля.
  30. Связь нелинейности с частотой изменения электромагнитного поля. Дисперсия диэлектрической проницаемости.
  31. Удвоение частот при прохождении электромагнитной волны через границу раздела сред.
  32. Двойное лучепреломление в кристаллах. Появление кратных частот.
  33. Явление самофокусировки в кристаллах с диэлектрической проницаемостью, зависящей от поля.
  34. Условие каналирования. Распределение плотности потока энергии электромагнитного поля по сечению пучка.
  35. Границы применимости классического рассмотрения в нелинейной оптике. Оптические квантовые генераторы.

## 6 семестр

### Вопросы к экзамену по дисциплине «Электродинамика» для третьего курса ФТИ

1. Классическая электродинамика и границы ее применимости.
2. Основные уравнения и законы электродинамики.
3. Потенциалы электромагнитного поля. Уравнения для потенциалов. Калибровочная инвариантность. Энергия электромагнитного поля.
4. Электростатика. Условие электростатичности. Уравнение Пуассона и закон Кулона. Частное решение уравнения Пуассона.
5. Энергия электрического поля системы зарядов.
6. Поле системы зарядов на больших расстояниях. Дипольный момент системы зарядов. Поле диполя.
7. Стационарные процессы. Понятие о системе финитно движущихся зарядов. Уравнение для векторного потенциала. Закон Био-Савара-Лапласа.
8. Энергия магнитного поля.
9. Разложение векторного потенциала по мультиполям. Магнитный диполь во внешнем поле.
10. Электромагнитное поле в отсутствии зарядов и токов. Волновое уравнение. Плоские волны.
11. Сферические волны. Плоская монохроматическая волна и ее поляризация.
12. Поле системы произвольно движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Частное решение уравнения Даламбера.
13. Электрическое дипольное излучение.
14. Макроскопическое поле как усредненное микроскопическое. Физически бесконечно малые объем и промежуток времени. Процедура усреднения.
15. Модели сред. Материальные уравнения для сред. Уравнения Максвелла для сплошных сред.
16. Электростатика. Условие электростатичности. Уравнения и граничные условия для электростатики

- проводников.
17. Электрическое поле в диэлектриках. Вектор поляризации и его физический смысл. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость.
  18. Уравнения и граничные условия электростатики диэлектриков.
  19. Энергия электрического поля системы проводников. Коэффициенты электростатической индукции.
  20. Энергия электрического поля в диэлектриках.
  21. Силы, действующие на тела в электрическом поле.
  22. Стационарные процессы. Законы постоянного тока. Закон Ома и Джоуля - Ленца в дифференциальной и интегральной формах.
  23. Сторонние силы. ЭДС. Правила Кирхгофа для цепей постоянных токов.
  24. Уравнения Максвелла для стационарных процессов. Физический смысл вектора намагничения. Магнитная проницаемость и восприимчивость.
  25. Диамагнетики. Парамагнетики. Уравнения и граничные условия магнитостатики.
  26. Энергия магнитного поля в магнетиках. Силы, действующие на магнетик в магнитном поле.
  27. Энергия системы проводников с током. Коэффициенты электромагнитной индукции.
  28. Квазистационарные процессы. Условие квазистационарности.
  29. Квазистационарные процессы в линейных проводниках. Уравнения Максвелла для квазистационарных процессов.
  30. Скин-эффект. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
  31. Уравнения Лагранжа для квазистационарных процессов.
  32. Квазистационарные процессы в замкнутом линейном проводнике. Комплексное сопротивление. Правила Кирхгофа для переменного тока.
  33. Нестационарные процессы в средах. Электромагнитные волны в средах.
  34. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела сред. Законы преломления.
  35. Коэффициенты отражения и прохождения. Формулы Френеля.
  36. Пределы применимости геометрической оптики. Эйкональное приближение.
  37. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты. Физический смысл и свойства действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости.
  38. Осцилляторная модель неполярных диэлектриков.
  39. Фазовая и групповая скорости электромагнитных волн в среде. Нормальная и аномальная дисперсия.
  40. Явление дисперсии. Пространственная и временная дисперсия. Дисперсионные соотношения. Формулы Крамерса - Кронинга.

### **Тематика задач по курсу «Электродинамика» для контрольных работ**

1. Электрическое поле заданной системы зарядов. Использование теоремы Гаусса. Непосредственное интегрирование. Использование сферических функций.
2. Электрическое поле системы зарядов на больших расстояниях. Дипольный момент системы зарядов. Поле диполя.
3. Квадрупольный момент. Поле квадруполя.
4. Метод изображений для электростатики проводников и диэлектриков в случае плоской и сферической границы раздела сред.
5. Постоянное магнитное поле. Теорема о циркуляции. Закон Био-Савара-Лапласа.
6. Энергия магнитного поля. Коэффициенты электромагнитной индукции. Расчёт индуктивностей.
7. Магнитный дипольный момент. Магнитное поле на больших расстояниях.
8. Магнитостатика магнетиков в случае плоской границы раздела сред.
9. Электрическое дипольное излучение.
10. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучение.

### **Типовые задачи, предлагаемы на семинарских занятиях и контрольных**

1. Найти потенциал электрического поля на больших расстояниях от системы зарядов величиной  $q$ ,  $-4q$ ,  $3q$ , расположенных на расстоянии  $a$  друг от друга на прямой.
2. Три заряда ( $+q$ ) расположены в вершинах правильного треугольника со стороной  $a$ , все на расстоянии  $b$  от заземлённой проводящей плоскости. Найти напряженность электрического поля в центре треугольника.
3. Записать правила Кирхгофа для проволочного правильного тетраэдра, подключенного к идеальной ЭДС через две вершины. Каждое ребро тетраэдра имеет сопротивление  $R$ .
4. Найти магнитное поле  $B$ , создаваемое током, текущим по бесконечному полуму цилиндру параллельно его

оси. Внешний радиус цилиндра  $R_2$ , внутренний  $R_1$ . Плотность тока равна  $j_0$ .

**Домашняя работа** состоит из одной задачи. Пример домашнего задания:

Линейный проводник, по которому течёт ток  $I$ , имеет форму квадрата со стороной  $a$ , расположенного в среде с магнитной проницаемостью  $\mu$ . Найти индукцию магнитного поля на оси, проходящей через центр квадрата перпендикулярно его плоскости.

Критерии оценки (в баллах) за одну домашнюю работу

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	5 баллов
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	3 балла
Нет правильного ответа	0 баллов

Критерии оценки одной задачи из двух контрольной работы №1 или №2 (в баллах) за 5 семестр:

- **12-13** баллов выставляется студенту, если задача решена абсолютно правильно, без недочетов и ошибок;
- **9-11** баллов выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
- **6-8** баллов выставляется студенту, если есть попытка решить задачу, присутствуют все необходимые законы (формулы), но имеется грубая ошибка в законе, или решение задачи не доведено до конца;
- **4-5** балла выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение на начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
- **2-3** балла выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
- **0-1** баллов выставляется студенту, если отсутствует решение задачи;

Набранные баллы по двум задачам контрольной работы затем суммируются.

Критерии оценки одной задачи из двух контрольной работы №1 или №2 (в баллах) за 6 семестр:

- **10** баллов выставляется студенту, если задача решена абсолютно правильно, без недочетов и ошибок;
- **8** баллов выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
- **6** баллов выставляется студенту, если есть попытка решить задачу, присутствуют все необходимые законы (формулы), но имеется грубая ошибка в законе, или решение задачи не доведено до конца;
- **4** балла выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение на начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
- **2** балла выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
- **0** баллов выставляется студенту, если отсутствует решение задачи;

Набранные баллы по двум задачам контрольной работы затем суммируются.

## Контрольная работа № 1 по электродинамике

1. Найти плотность распределения заряда по заданной напряженности электрического поля в цилиндрических

$$E = \left( a \left( 1 + \frac{R^2}{r} \right) \cos \alpha, a \left( \frac{R^2}{r} - 1 \right) \sin \alpha, 0 \right)$$

координатах:

2. Уединённый металлический шар радиуса  $R$  с зарядом  $(+2q)$  помещён в диэлектрик с проницаемостью  $\epsilon$ . На расстоянии  $3R$  от центра шара расположен точечный заряд  $(+q)$ . Найти напряжённость электрического поля в центре отрезка, соединяющего заряд и ближайшую точку шара.

**Работа на практических занятиях** у доски заключается в решении одной задачи и оценивается при правильном самостоятельном решении в 1 балл, иначе оценка – 0 баллов.

**Поощрительные баллы** выставляются за дополнительные выходы к доске на практических занятиях, если студент уже набрал ранее максимальные 10 баллов, предусмотренные рейтингом-планом дисциплины.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены незначительные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## Зачетная контрольная работа

Учебным планом для проверки уровня усвоения необходимых компетенций предусмотрена контрольная работа в 5 семестре, которая имеет статус итоговой, зачетной контрольной. Контрольная работа содержит 5 заданий, время выполнения 90 минут. Решение одного задания оценивается в 20 баллов.

**Пример варианта зачетной контрольной работы.**

Задание 1: Что такое электродинамика?

Задание 2: Как выглядит выражение для плотности распределения системы точечных зарядов?

Задание 3: Что такое калибровочная инвариантность?

Задание 4: Что такое магнитный дипольный момент системы зарядов?

Задание 5: Каков физический смысл уравнения непрерывности?

**Критерии оценивания каждого из заданий зачетной контрольной работы:**

- 16-20 баллов выставляется студенту, если представлено полное решение задачи, которое может содержать мелкие неточности или недостаточную аргументацию шагов решения;
- 11-15 баллов выставляется студенту, если при верном решении в общем виде допущена ошибка в числовых расчетах или при правильном ответе опущены некоторые промежуточные этапы решения или допущена не принципиальная ошибка в исходных уравнениях;
- 6-10 баллов выставляется студенту, если отсутствует одно из необходимых исходных уравнений или допущена принципиальная ошибка в исходных уравнениях, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа
- 1-5 баллов выставляется студенту, если верно записана только часть необходимых исходных уравнений, при этом отсутствуют какие-либо математические преобразования, направленные на получение ответа или они ошибочны.
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе или когда решение не соответ-

ствуется условию задачи.

## Критерии оценивания освоения компетенций по зачетной контрольной работе

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ОПК-1.1. Знать	Знать основные понятия классической электродинамики. Знать границы применимости изученных законов и методов классической электродинамики	Практически не знает	Знает
ОПК-1.2. Уметь	Уметь применять изученные понятия и законы классической электродинамики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат. Уметь применять методы электродинамики к решению прикладных задач	Практически не умеет	Умеет
ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Практически не владеет	Владеет
ПК-1.1. Знать	Знать основные методы решения электродинамических задач	Практически не знает	Знает
ПК-1.2. Уметь	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения электродинамических величин для описания характеристик материалов электронной техники и областей их применения	Практически не умеет	Умеет
ПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методами математической физики волнового уравнения и уравнения Пуассона	Практически не владеет	Владеет

Критериями оценивания освоения компетенций служат баллы, полученные за выполнение зачетной контрольной работы. Каждое из пяти заданий оценивается в 20 баллов, максимальная суммарная оценка за контрольную работу -100 баллов.

Шкала перевода суммарного балла в двухуровневую оценку:

- 0-59 баллов – «не зачтено»
- 60-100 баллов – «зачтено».

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. С.А. Ниязгулов. Электродинамика вакуума: конспект лекций. Ч. 1.— Уфа: РИО БашГУ, 2006.— 80 с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 46 экз.]
2. С.А. Ниязгулов. Электродинамика сплошных сред: конспект лекций. Ч. 2.— Уфа: РИЦ БашГУ, 2007.— 80 с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 89 экз.]
3. В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности.— Изд. 4-е, перераб. — СПб.: Лань, 2010 .— 480 с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 26 экз.] (электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/544>)
4. А.И. Алексеев. Сборник задач по классической электродинамике. — Изд. 2-е. — СПб.: Лань, 2008 .— 320 с. (электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/100>).

### **б) дополнительная литература:**

5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.2: Теория поля.— 8.изд., стереотип. — 2001.— 536с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 82 экз.]
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.8: Электродинамика сплошных сред.— изд. третье, стереотип. — 2001.— 656с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 83 экз.]

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. ЭБС издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Российский портал «Открытого образования» <https://openedu.ru/>
4. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Большая физическая аудитория 01	Лекции	Доска, мел
<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</i> аудитории № 322 или № 324 или № 318 или № 224 (физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

по дисциплине Электродинамика на 5-6 семестр

Разбиение общего числа часов по видам учебных занятий с указанием их объемов приведено в таблице 2  
 Табл. 2

Вид работы	Общий объем дисциплины	Семестр № <u>5</u> . Количество часов	Семестр № <u>6</u> . Количество часов
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	6/216	3/108	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	121,7	72,5	49,2
лекций	68	36	32
практических/ семинарских	52	36	16
лабораторных			
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7	0,5	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	49,3	35,5	13,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	45	0	45

Форма(ы) контроля:  
 контрольная работа 5 семестр  
 экзамен 6 семестр



## 5 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Модуль 1: Электростатика</b>	18	18		18			
1.	Математические основы и введение в электродинамику.	6	6		6	[1]: л. 1, 2 [2]: л. 19	[3]: § 1.1, 1.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Электрическое поле заданной системы неподвижных зарядов.	6	6		6	[1]: л. 3, 4 [5]: § 36, 37, 40, 41	[3]: § 2.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Электростатика проводников и диэлектриков.	6	6		6	[2]: л. 20, 21 [6]: § 1, 2, 3, 6, 7	[3]: § 7.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Модуль 2: Магнитостатика</b>	18	18		17,5			
4.	Постоянный ток.	6	6		6	[2]: л. 23	[3]: § 8.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Магнитное поле постоянного тока.	6	6		6	[1]: л. 5, 6 [2]: л. 26	[3]: § 2.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Магнитостатика магнетиков.	6	6		5,5	[1]: л. 25	[3]: § 8.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	36	36		35,5			

**Примечание 1.** В таблицу не включены запланированные 0,5 часа ФКР (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем).

## 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Модуль 1: Квазистационарные и нестационарные процессы</b>	16	16		30			
1.	Квазистационарные процессы.	6	6		10	[2]: л. 27 [6]: § 58–60	[6]: § 61, 62	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Поляризация электромагнитных волн.	4	4		10	[1]: л. 7	[4]: § 4.5	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Дипольное излучение.	6	6		10	[1]: л. 10	[4]: § 4.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Модуль 2: Электромагнитные волны</b>	16	16		28,8			
4.	Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения.	6	6		10	[1]: л. 11	[4]: § 4.2, 4.4	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Излучение линейной антенны.	4	4		10	[4]: § 4.7	[3]: § 5.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Волновые явления на плоской границе раздела сред. Среды с дисперсией.	6	6		8,8	[2]: л. 30–33	[3]: § 10.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	32	16		58,8			

**Примечание 1.** Часы на самостоятельную работу включают также время на подготовку к экзамену (контроль).

**Примечание 2.** В таблицу не включены запланированные 1.2 часа ФКР (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем).

## Рейтинг-план дисциплины

### Электродинамика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Прикладные математика и физика»

курс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 – 50 баллов</b> <b>Электростатика</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Выполнение домашних работ	5	4	0	20
2. Работа на практических занятиях у доски	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Контрольная работа	25	1	0	25
<b>Модуль 2 – 50 баллов</b> <b>Магнитостатика</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Выполнение домашних работ	5	4	0	20
2. Работа на практических занятиях у доски	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Контрольная работа	25	1	0	25
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических занятий			-10	0
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10
<b>ИТОГО</b>				<b>110</b>

## Рейтинг-план дисциплины

### Электродинамика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Прикладные математика и физика»

курс 3, семестр б

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 – 30 баллов</b>				
<b>Квазистационарные и нестационарные процессы</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение домашних работ	5	3	0	15
2. Работа на практических занятиях у доски	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Контрольная работа	10	1	0	10
<b>Модуль 2 – 40 баллов</b>				
<b>Электромагнитные волны</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение домашних работ	5	3	0	15
2. Работа на практических занятиях у доски	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Контрольная работа	20	1	0	20
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических занятий			-10	0
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10
<b>ИТОГО</b>				<b>110</b>

## Форма экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1


по дисциплине Электродинамика

Направление 03.03.01 – Прикладные математика и физика

Профиль подготовки

Моделирование физических процессов и технологий

1. Потенциалы электромагнитного поля. Уравнения для потенциалов. Калибровка Лоренца.
2. Явление дисперсии. Пространственная и временная дисперсия. Дисперсионные соотношения. Формулы Крамерса - Кронига.

Заведующий кафедрой   
(подпись)

Р.М. Вахитов  
(Ф.И.О.)