

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №3 от «12» января 2022 г.

Согласовано:  
Председатель УМК физико-технического  
института

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Т.И. Шарипов



\_\_\_\_\_ / М.Х. Балапанов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина \_\_\_\_\_ Основы электродинамики (на англ. яз.) \_\_\_\_\_  
*(наименование дисциплины)*

\_\_\_\_\_ дисциплина по выбору \_\_\_\_\_  
*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*


**программа магистратуры**

Направление подготовки  
03.04.03 Радиофизика

*(наименование ООП ВПО направления подготовки или специальности с указанием кода)*

Профиль(и) подготовки  
Электроника и компьютерные технологии

Квалификация  
магистр  
*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель) <u>к.ф.-м.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 _____ / Шарипов Т.И. (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Для приема: 2022г.  
Уфа 2022г.

Составитель: Шарипов Т.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «12» января 2022 г. № 3.

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Т.И. Шарипов /

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 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
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

При изучении дисциплины у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

**ПК-1** способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Системное и критическое мышление	ПК-1. способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики	<p>ПК-1.1. Знать: основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p> <p>ПК-1.2. Уметь: использовать математический аппарат электродинамики.</p> <p>ПК-1.3. Владеть: методами поиска информации для выбора оптимальных средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей.</p>

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

Дисциплина «Основы электродинамики (на англ. яз.)» относится к базовой части. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Цели изучения дисциплины: дать студентам достаточно полное и строгое представление об электромагнитном поле и его свойствах, способах его математического

описания, основных результатах и достижениях теории электромагнетизма и методах решения задач.

### 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 компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-1 способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Индикатор достижения компетенции (с кодом) ПК-1.1. Знать: основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего	Не знает основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего	Имеет фрагментарные знания об основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и	Достаточно уверенно знает об основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке,	Уверенно знает об основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип

<p>функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>	<p>действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>	<p>электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>	<p>принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>	<p>наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>
<p>ПК-1.2. Уметь: использовать математический аппарат электродинамики.</p>	<p>Не умеет использовать математический аппарат электродинамики.</p>	<p>Частично умеет использовать математический аппарат электродинамики.</p>	<p>Умеет объяснять математический аппарат электродинамики.</p>	<p>Умеет использовать математический аппарат электродинамики.</p>
<p>ПК-1.3. Владеть: методами поиска информации для выбора</p>	<p>Не владеет методами поиска информации для выбора оптимальных средств</p>	<p>Частично владеет методами поиска информации для выбора оптимальных</p>	<p>Владеет методами поиска информации для выбора оптимальных средств</p>	<p>Уверенно владеет методами поиска информации для выбора оптимальных</p>

оптимальных средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..	решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..	средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..	решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..	средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..
--	--	--	--	--

### Зачет

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
	«Не зачтено»	«Зачтено»
<p>Индикатор достижения компетенции (с кодом) ПК-1.1. Знать: основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства</p>	<p>Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных положениях электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>	<p>Сформированные (возможно неполные) представления об основных положениях электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>

статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.		
ПК-1.2. Уметь: использовать математический аппарат электродинамики.	Отсутствие умений или фрагментарные умения использовать математический аппарат электродинамики	В целом успешное (возможно не систематическое) умение использовать математический аппарат электродинамики
ПК-1.3. Владеть: методами поиска информации для выбора оптимальных средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..	Отсутствие владения или фрагментарное владение методами поиска информации для выбора оптимальных средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..	В целом успешное (возможно не систематическое) владение методами поиска информации для выбора оптимальных средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..

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; Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**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**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1.1. Знать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики	Знать: основные положения электродинамики: понятие скалярного, векторного, тензорного полей, основы векторной и тензорной алгебры, дифференциальные операции, в том числе в криволинейных координатах, теоремы векторного	Контрольные работы; экзамен. Устный опрос.



	<p>анализа, постановку краевых задач для уравнений эллиптического типа, метод разделения переменных, цилиндрические и сферические специальные функции, специальную теорию относительности, в том числе в четырехмерной формулировке, принцип наименьшего действия для системы заряженных частиц и электромагнитного поля, релятивистские выражения для энергии и импульса как частиц, так и поля, законы сохранения заряда и энергии-импульса, уравнения Максвелла в вакууме и в веществе, граничные условия для векторов поля, материальные уравнения и физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости, свойства статических и квазистационарных полей, свойства электромагнитных волн в вакууме, в веществах различной природы, в волноводах, поведение электромагнитных волн на границе раздела сред.</p>	
<p>ПК-1.2 Уметь использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики</p>	<p>Уметь: использовать математический аппарат электродинамики.</p>	
<p>ПК-1.3. Владеть способностью использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики</p>	<p>Владеть: методами поиска информации для выбора оптимальных средств решения конкретных задач из области электромагнетизма ; практическими навыками проведения расчётов характеристик полей в рамках используемых моделей..</p>	

#### 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*

##### **Устный опрос Тема №1**

1. Дельта-функция. 2. Бесконечно плоская плита толщиной  $a$  равномерно заряжена по объему с плотностью  $\rho$ . Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля.

##### **Тема №2**

1. Уравнение непрерывности. 2. Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля равномерно заряженной прямолинейной бесконечной нити.

##### **Тема №3**

1. Система уравнений Максвелла-Лоренца. 2. Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля сферы равномерно заряженной по поверхности. Радиус шара  $R$ , заряд  $q$ .

##### **Тема №4**

1. Потенциалы электромагнитного поля. 2. Найти потенциал  $\phi$  электрического поля равномерно заряженного круглого кольца, используя разложение по мультиполям в сферических координатах. Заряд кольца  $q$ , радиус  $R$ .

#### Тема №5

1. Закон сохранения энергии в электромагнитном поле. 2. Найти силу  $F$  и вращательный момент  $N$ , приложенный к электрическому диполю с моментом  $p$  в поле точечного заряда  $q$ .

#### Тема №6

1. Закон сохранения импульса в электромагнитном поле. 2. Частица с массой  $m$  обладает энергией  $\epsilon$ . Найти скорость  $v$  частицы. Рассмотреть, в частности, нерелятивистский и ультрарелятивистский пределы.

#### Тема №7

1. Электростатическое поле. 2. Определить закон движения частицы во взаимно перпендикулярных однородных постоянных электрическом  $E$  и магнитном  $H$  полях.

Критерии оценки (в баллах)

- 0 баллов выставляется студенту, если студент отказывается от ответа, не знает материал;
- 1 балл выставляется студенту, если ответ студента неполный, демонстрирующий поверхностное знание и понимание материала;
- 3 балла выставляется студенту, если ответ студента полный, развернутый с некоторыми несущественными погрешностями;
- 5 баллов выставляется студенту, если ответ студента полный, развернутый, показана совокупность глубоких, осмысленных системных знаний объекта и предмета изучения.

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

Примерные вопросы для устного опроса:

1. Бесконечно плоская плита толщиной  $a$  равномерно заряжена по объему с плотностью  $\rho$ . Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля.
2. Заряд распределен в пространстве по периодическому закону  $\rho = \rho_0 \cos(\alpha x) \cos(\beta y) \cos(\gamma z)$ , образуя бесконечную пространственную периодическую решетку. Найти потенциал  $\phi$  электрического поля.
3. Плоскость  $z=0$  заряжена с плотностью, меняющейся по периодическому закону  $\sigma = \sigma_0 \sin(\alpha x) \sin(\beta y)$ , где  $\sigma_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  – постоянные. Найти потенциал  $\phi$  этой системы зарядов.
4. Бесконечно длинный круговой цилиндр радиуса  $R$  равномерно заряжен по объему так, что на единицу его длины приходится заряд  $\chi$ . Найти потенциал  $\phi$  и напряженность электрического поля  $E$ .
5. Бесконечно длинный круговой цилиндр радиуса  $R$  равномерно заряжен по поверхности так, что на единицу его длины приходится заряд  $\chi$ . Найти потенциал  $\phi$  и напряженность электрического поля  $E$ .
6. Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля равномерно заряженной прямолинейной бесконечной нити.
7. Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля шара равномерно заряженного по объему. Радиус шара  $R$ , заряд  $q$ .
8. Найти потенциал  $\phi$  и напряженность  $E$  электрического поля сферы равномерно заряженной по поверхности. Радиус шара  $R$ , заряд  $q$ .
9. Внутри шара радиуса  $R$ , равномерно заряженного по объему с плотностью  $\rho$ , имеется

незаряженная шарообразная полость, радиус которой  $R_1$ , а центр отстоит от центра шара

на расстоянии  $a$  ( $a+R_1 < R$ ). Найти электрическое поле  $E$  в полости.

10. Сфера радиуса  $R$  заряжена по поверхности по закону  $\sigma = \sigma_0 \cos\theta$ . Найти потенциал  $\phi$  электрического поля, используя разложение по мультиполям в сферических координатах.

11. Найти потенциал  $\phi$  электрического поля равномерно заряженного круглого кольца, используя разложение по мультиполям в сферических координатах. Заряд кольца  $q$ , радиус  $R$ .

12. Найти силу  $F$  и вращательный момент  $N$ , приложенный к электрическому диполью с моментом  $p$  в поле точечного заряда  $q$ .

13. Диполь с моментом  $p_1$  находится в начале координат, а другой диполь с моментом  $p_2$

– в точке с радиусом-вектором  $r$ . Найти энергию взаимодействия  $U$  этих диполей и действующую между ними силу  $F$ . При какой ориентации диполей эта сила максимальна?

14. Точечный заряд  $q$  расположен на плоской границе раздела двух однородных бесконечных диэлектриков с проницаемостями  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ . Найти потенциал  $\phi$ , напряженность  $E$  и

индукцию  $D$  электрического поля.

15. От некоторой прямой, на которой находится точечный заряд  $q$ , расходятся веерообразно три полуплоскости, образующие три двугранных угла  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 2\pi$ ). Пространство внутри каждого из углов заполнено однородным диэлектриком с проницаемостью соответственно  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ,  $\epsilon_3$ . Определить потенциал  $\phi$ , напряженность  $E$  и индукцию  $D$

электрического поля.

16. Центр проводящего шара радиуса  $a$ , заряд которого  $q$ , находится на плоской границе

раздела двух бесконечных однородных диэлектриков с проницаемостями  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ . Найти потенциал  $\phi$ , а также распределение заряда  $\sigma$  на шаре.

17. Пространство между обкладками сферического конденсатора частично заполнено диэлектриком, расположенным внутри телесного угла  $\Omega$  с вершиной в центре обкладок. Радиусы обкладок  $a$  и  $b$ , проницаемость диэлектрика  $\epsilon$ . Найти емкость  $C$  конденсатора.

18. Точечный заряд  $q$  находится в однородном диэлектрике на расстоянии  $a$  от плоской границы бесконечно протяженного проводника. Найти электрическое поле  $\phi$  в диэлектрике, распределение  $\sigma$  индуцированных зарядов на металле и силу  $F$ , действующую на заряд

$q$ .

19. Двугранный угол между двумя заземленными проводящими плоскостями равен  $\alpha_0$ . Внутри угла находится точечный заряд  $q$ . Найти методом электрических изображений электрическое поле. Рассмотреть случаи  $\alpha_0 = 90^\circ$ ,  $\alpha_0 = 60^\circ$  и  $\alpha_0 = 45^\circ$ .

20. Электрический диполь с моментом  $p$  находится в однородном диэлектрике вблизи плоской границы бесконечно протяженного проводника. Найти потенциальную энергию

взаимодействия  $U$  диполя с индуцированными зарядами, силу  $F$  и вращательный момент

$N$ , приложенные к диполью.

21. Определить типы волн, которые могут распространяться в прямоугольном волноводе

с идеально проводящими стенками (длины сторон  $a$ ,  $b$ ). Найти для них закон дисперсии и

конфигурации полей (т.е. зависимость компонент поля от координат).

22. Определить коэффициенты затухания  $\alpha$  разных типов волн в прямоугольном волноводе. Поверхностный импеданс стенок волновода  $\zeta$  задан.
23. Пусть система  $S'$  движется относительно системы  $S$  со скоростью  $V$  вдоль оси  $x$ . Часы, покоящиеся в  $S'$  в точке  $(x_0', y_0', z_0')$ , в момент  $t_0'$  проходят мимо точки  $(x_0, y_0, z_0)$  в системе  $S$ , где находятся часы, показывающие в этот момент время  $t_0$ . Написать формулы преобразования Лоренца для этого случая.
24. Система  $S'$  движется относительно системы  $S$  со скоростью  $V$ . В момент, когда начала координат совпадали, находящиеся там часы обеих систем показывали одно и то же время  $t=t'=0$ . Какие координаты в каждой из этих систем в дальнейшем будет иметь мировая точка, обладающая тем свойством, что находящиеся в ней часы систем  $S$  и  $S'$  показывают одно и то же время  $t=t'$ ? Определить закон движения этой точки.
25. Какой промежуток времени  $\Delta t$  занял бы по земным часам полет ракеты до звездной системы Проксима-Центавра и обратно (расстояние до нее 4 световых года), если бы он осуществлялся с постоянной скоростью  $v = 0,9999c$ ? Из расчета какой длительности путешествия следовало бы запастись продовольствием и другим снаряжением? Каков запас кинетической энергии в такой ракете, если ее масса 10 т.
26. Два масштаба, каждый из которых имеет длину покоя  $l_0$ , равномерно движутся на встречу друг другу параллельно общей оси  $x$ . Наблюдатель, связанный с одним из них, заметил, что между совпадением левых и правых концов масштабов прошло время  $\Delta t$ . Какова относительная скорость  $v$  масштабов? В каком порядке совпадают концы для наблюдателей, связанных с каждым из масштабов, а также для наблюдателя, относительно которого оба масштаба движутся с одинаковой скоростью в противоположные стороны?
27. Вывести формулы преобразования Лоренца от системы  $S'$  к системе  $S$  для радиусавектора  $r$  и времени  $e$ , не предполагая, что скорость  $V$  системы  $S'$  относительно  $S$  параллельна оси  $x$ . Результат представить в векторной форме.
28. Вывести формулы сложения скоростей для случая, когда скорость  $V$  системы  $S'$  относительно  $S$  имеет произвольное направление. Формулы представить в векторном виде.
29. Два пучка электронов летят навстречу друг другу со скоростями  $v=0,9c$  относительно лабораторной системы координат. Какова относительная скорость  $V$  электронов: а) с точки зрения наблюдателя в лаборатории; б) с точки зрения, движущегося вместе с одним из пучков электронов?
30. В системе отсчета  $S$  имеется однородное электромагнитное поле  $E, H$ . С какой скоростью относительно  $S$  должна двигаться система  $S'$ , в которой  $E' \parallel H'$ ? Всегда ли задача имеет решение и единственно ли оно? Чему равны абсолютные значения  $E'$  и  $H'$ ?
31. В системе отсчета  $S$  электрическое и магнитное поля взаимно перпендикулярны:  $E \perp H$ . С какой скоростью относительно  $S$  должна двигаться система  $S'$ , в которой имеется только электрическое или только магнитное поле? Всегда ли существует решение и единственно ли оно?
32. Частица с массой  $m$  обладает энергией  $\epsilon$ . Найти скорость  $v$  частицы. Рассмотреть, в частности, нерелятивистский и ультрарелятивистский пределы.
33. Определить массу  $m$  некоторой частицы, зная, что она распадается на две частицы с массами  $m_1, m_2$ . Из опыта известны величины импульсов  $p_1, p_2$  частиц, образовавшихся при распаде, и угол  $\theta$  между их направлениями.
34. Частица массой  $m_1$  и скоростью  $v$  сталкивается с покоящейся частицей массы  $m_2$  и поглощается ею. Найти массу  $m$  и скорость  $V$  образовавшейся частицы.
35. Покоящееся тело с массой  $m_0$  распадается на две части с массами  $m_1$  и  $m_2$ . Вычислить кинетические энергии  $T_1$  и  $T_2$  продуктов распада.
36. Доказать, что рождение пары электрон-позитрон  $\gamma$ -квантом возможна только, если в

реакции участвует частица с массой покоя  $m_1 \neq 0$  (с этой частицей не происходит никаких изменений; её роль состоит в том, что она принимает часть энергии и импульса, делая возможным выполнение законов сохранения). Найти порог  $T_0$  реакции рождения пары.

37. Квант света с частотой  $\omega_0$  рассеивается на равномерно движущемся свободном электроном. Вектор импульса электрона  $p_0$  составляет угол  $\theta_0$  с направлением движения кванта.

Найти зависимость частоты  $\omega$  рассеянного фотона от направления его движения. Рассмотреть, в частности, случай, когда электрон до столкновения покоился (эффект Комптона).

38. Доказать, что излучение и поглощение света свободным электроном в вакууме невозможно. Исходить из закона сохранения энергии-импульса.

39. Частица с зарядом  $e$  и массой  $m$  движется с произвольной скоростью в однородном постоянном электрическом поле  $E$ . В начальный момент времени  $t=0$  частица находилась

в начале координат и имела импульс  $p_0$ . Определить трехмерные координаты и время  $t$  частицы в лабораторной системе, в функции ее собственного времени  $\tau$ . Исключив  $\tau$ , представить трехмерные координаты частицы в зависимости от  $t$ . Рассмотреть, в частности, нерелятивистский и ультрарелятивистский пределы.

40. Релятивистская частица с зарядом  $e$  и массой  $m$  движется в однородном постоянном магнитном поле  $H$ . В начальный момент времени  $t=0$  частица находилась в точке с радиусом-вектором  $r_0$ , обладая импульсом  $p_0$ . Определить закон движения частицы.

41. Определить закон движения частицы во взаимно перпендикулярных однородных постоянных электрическом  $E$  и магнитном  $H$  полях.

### 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 функциональных возможностей, 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.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

#### **Основная литература:**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов. В 10т. Т. II. Теория поля. -- М.: Наука, 1973.
2. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. ч.1. Микроскопическая теория. -- М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.
3. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. ч.2 Теория электромагнитных явлений в веществе. -- М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.
4. Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н. Классическая электродинамика: Учебное пособие. -- М.: Наука, 1985.
5. Васильев А.Н. Классическая электродинамика. Краткий курс лекций. - СПб: БХВ-Петербург, 2010.
6. Леви В.В., Коваленко ИГ. Основы электродинамики. Ч.1. Микроскопическая теория. Учебно-методическое пособие, Волгоград, изд-во ВолГУ, 2007.
7. Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П. Электродинамика. -- М.: Высшая школа, 1980.
8. Алексеев А.А. Сборник задач по электродинамике. -- М.: Наука, 1977.
9. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. Сборник задач по электродинамике. --М.: Наука, 1970.

#### **Дополнительная литература:**

1. Джексон Дж. Классическая электродинамика. -- М.: Мир, 1965.
2. Пановский В., Филлипс М. Классическая электродинамика. -- М.: Физматгиз, 1963.
3. Паули В. Лекции по теории относительности. -- М.: Наука, 1991.
4. Тамм И.Е. Лекции по теории электричества. -- М.-Л., 1966.

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

#### **Электронные ресурсы (дополнение списка литературы)**

1. GNU Tools for ARM Embedded Processors [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL: <https://launchpad.net/gcc-arm-embedded/+download..> (средства для компиляции)
2. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров

- [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Н. Торгаев [и др.]. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2015. — 111 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82855>. — Загл. с экрана.
3. Программирование STM32F4. USART. Пример программы. [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL: <http://microtechnics.ru/programmirovanie-stm32f4-usart-primer-programmy/>.
  4. Микроконтроллеры AVR. UART. Использование прерываний. [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL: <http://microtechnics.ru/mikrokontrollery-avr-uart-ispolzovanie-preryvanij/>.
  5. STM32 ADC Примеры использования. Шаг 1 [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL: <http://mycontroller.ru/stm32-adc-primeryi-ispolzovaniya-shag-1/>.

#### Ресурсы Интернет

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>  
[www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

4.	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>
5.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a>
6.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>

#### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления

### образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института. Для проведения лабораторных работ используются программы STM32 CubeMX и Atollic TrueStudio.

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория (415 кабинет)	Лекции	Доска, учебная мебель , проектор
Аудитория 414 (физико-технического корпус учебное)	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа	Учебная мебель, доска аудиторная, моноблок ThinkCentre (12 шт) Программное обеспечение: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</li> <li>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</li> <li>3. STM32 CubeMX. Фирменная программа STM. Распространяется бесплатно.</li> <li>4. Atollic TrueStudio. Фирменная программа STM. Распространяется бесплатно.</li> </ol>
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж).	Помещения для самостоятельной работы:	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**

дисциплины Основы электродинамики (на англ. яз.) на 3 семестре  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	33,7
лекций	16
практических/ семинарских	-
лабораторных	16
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	<u>20,3</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:  
экзамен 3 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. Введение. Электродинамика как раздел теоретической физики</b>	6	6		8,3			
1.	Электродинамика как раздел теоретической физики. Математический аппарат электродинамики. Основы векторного и тензорного анализа. Фундаментальные константы и характер физических теорий. Предмет электродинамики, ее место в теоретической физике	6	6		8,3	[1]: §1-11	Подготовка к практическим задачам.	Контрольная работа. Устный опрос.
	<b>Модуль2: Общая теория электромагнитного поля</b>	5	5		6			
	Электродинамика вакуума и	5	5		6		Подготовка к	Контрольная работа.

	<p>точечных зарядов. Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности. Система микроскопических уравнений Максвелла. Ток смещения. Потенциалы электромагнитного поля, калибровочная инвариантность. Сохранение энергии, импульса и момента импульса.</p>						практическим задачам.	Устный опрос.
	<p><b>Модуль3: Электростатика. Квазистационарные поля. Электромагнитные волны. Излучение электромагнитных волн.</b></p>	5	5		6			
4.	<p><b>Уравнения электростатики. Мультипольные разложения потенциалов. Дипольный и квадрупольный моменты. Энергия системы зарядов. Условия квазистационарности. Квазистационарное магнитное поле. Поле нерелятивистского равномерно движущегося</b></p>	5	5		6	[1]: §30-31 [2]:	Подготовка к практическим задачам.	Контрольная работа. Устный опрос.

<p>заряда. Магнитный момент. Волновое уравнение. Электромагнитные волны в вакууме. Поляризация электромагнитной волны. Поле системы произвольно движущихся зарядов. Решения уравнений для потенциалов. Запаздывающие потенциалы. Дипольное приближение в задаче об излучении. Распространение волн. Рассеяние электромагнитных волн. Радиационное трение.</p>								
<p><b>Всего часов:</b></p>	16	16	0	20,3				



## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине Основы электродинамики (на англ. яз.)  
Направление 03.04.03 Радиофизика  
Профиль Электроника и компьютерные технологии

1. Основные постулаты Специальной теории относительности. Преобразования Лоренца.
2. Геометрический смысл преобразований Лоренца.