

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

Направление подготовки 03.03.02–Физика


Направленность: Физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

**Кострома**


Рабочая программа дисциплины «Электродинамика» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2014 г.

Разработал:   
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

Рецензент:   
подпись Белкин Павел Николаевич, профессор кафедры общей и теоретической физики, д.т.н., профессор


УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 15 от 29 июня 2017 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент


ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 12 от 28 июня 2018 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 10 от 20 мая 2019 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания кафедры № 10 от 7 мая 2020 г.

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания кафедры № 5 от 14 января 2021 г.

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью курса является подготовка бакалавров физики к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских или проектных бюро, на предприятиях путем формирования соответствующих компетенций.

В результате изучения учебной дисциплины «Электродинамика» у обучаемых должны сформироваться следующие общепрофессиональные компетенции:

- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6).

Задачи дисциплины:

- освоить методы решения задач электродинамики при различных конфигурациях электромагнитного поля в стационарных и нестационарных случаях.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать**

- базовые разделы общей и теоретической физики, в частности основные понятия, математический аппарат электродинамики, уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах;
- приемы использования информационно-коммуникационных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в частности основные литературные источники, в том числе интернет-ресурсы, отражающие современный уровень развития отраслей физики, изучающих электромагнитные явления природы;

**уметь**

- использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики, в частности интерпретировать формальные записи имеющихся физических моделей электромагнитных явлений, выделять в этих моделях физическое содержание и границы применимости;
- решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры, в частности уметь самостоятельно разработать стратегию поиска необходимой научной информации, а также индивидуальный план освоения дополнительного материала.

**владеть**

- методами решения профессиональных задач, используя базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики, в частности методами решения задач электродинамики.
- методами и приемами решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, в частности навыками работы в компьютерных сетях, средствами получения информации из различных источников.

освоить компетенции:

- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

– способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6).

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Данная дисциплина изучается в пятом семестре базовой части Блока 1 образовательной программы бакалавров физики. Она является одной из базовых частей модуля «Теоретическая физика». Содержание дисциплины охватывает основные понятия классической электродинамики: уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах; Потенциалы электромагнитного поля; калибровочная инвариантность; Мультипольные разложения потенциалов; Решения уравнений для потенциалов; Элементарная теория диэлектриков и магнетиков; Энергия и импульс электромагнитного поля Электромагнитные волны в вакууме и в среде.

Перед изучением дисциплины «Электродинамика» обучающийся должен иметь представления об электромагнитном поле как едином проявлении электрического и магнитного полей, электрических и магнитных свойствах веществ, способах математического описания динамики электромагнитного поля, а также о физических явлениях, приводящих к возникновению и изменению электромагнитного поля. Требуемые знания, умения и навыки формируются в рамках дисциплин «Электричество и магнетизм», «Общий физический практикум», «Уравнения математической физики».

Освоение данной дисциплины необходимо для успешного изучения последующих дисциплин: «Квантовая теория», «Термодинамика», «Астрофизика», на которых происходит дальнейшее формирование общепрофессиональных компетенций ОПК-3 и ОПК-6.

### 4. Объем дисциплины (модуля)

#### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4
Общая трудоемкость в часах	144
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	72
Лекции	36
Практические занятия	36
Лабораторные занятия	–
Самостоятельная работа в часах	36
Форма промежуточной аттестации	Экзамен 5 семестр

#### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	36
Практические занятия	36
Лабораторные занятий	–
Консультации	3,8
Зачет/зачеты	–
Экзамен/экзамены	0,35

Курсовые работы	–
Курсовые проекты	–
Всего	76,15

## 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Основные уравнения электродинамики	24	8	8		8
2	Электростатика	24	8	8		8
3	Магнитостатика	24	8	8		8
4	Излучение электромагнитного поля	18	6	6		6
5	Электромагнитные волны	18	6	6		6
	Экзамен	36				
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>36</b>

### 5.2. Содержание:

**ТЕМА 1. Основные уравнения электродинамики.** Введение. История возникновения электродинамики. Экспериментальные данные, лежащие в основе электродинамики. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Система единиц измерения. Скалярный и векторный потенциалы. Система уравнения Максвелла в среде. Энергия и импульс электромагнитного поля.

**ТЕМА 2. Электростатика.** Основные уравнения электростатики. Граничные условия. Поле произвольной системы зарядов. Мультипольное разложение. Электростатика проводников. Метод изображений. Энергия электростатического поля. Энергия системы зарядов во внешнем поле. Силы в электростатическом поле. Молекулярная теория диэлектриков.

**ТЕМА 3. Магнитостатика.** Основные уравнения магнитостатики. Граничные условия. Поле системы токов. Энергия постоянного магнитного поля. Силы в постоянном магнитном поле. Энергия системы токов во внешнем поле. Вещество в магнитном поле. Диамагнетизм. Парамагнетизм.

**ТЕМА 4. Излучение электромагнитного поля.** Потенциалы Лиенара-Вихерта. Вибратор Герца. Структура поля вибратора Герца. Поле вибратора Герца в волновой зоне. Мощность излучения вибратора Герца в волновой зоне. Угловое распределение электромагнитного излучения.

**ТЕМА 5. Электромагнитные волны.** Электромагнитные волны в вакууме. Волновое уравнение. Поляризация электромагнитных волн. Электромагнитные волны в однородных изотропных средах. Отражение и преломление плоской волны.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Основная цель дисциплины «Электродинамика» состоит в том, чтобы познакомить обучающихся с главными положениями классической теории электромагнитного поля, а также с решениями задач соответствующей предметной области. Студент должен усвоить математический аппарат электродинамики и овладеть всеми компетенциями, предусмотренными федеральным государственным образовательным стандартом.

В настоящее время в природе известны четыре типа фундаментальных взаимодействий – сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. Сильное взаимодействие обеспечивает притяжение частиц, образующих ядра атомов (нуклонов). Электромагнитное взаимодействие обеспечивает притяжение или отталкивание частиц, обладающих специальным свойством – зарядом. Электромагнитное взаимодействие приблизительно на два порядка слабее сильного. Слабое взаимодействие, интенсивность которого приблизительно на 16 порядков слабее сильного, ответственно за распад «элементарных» частиц. Наконец, гравитационное взаимодействие, которое на 43–44 порядка слабее сильного, ответственно за притяжение частиц, обладающих массами.

Первым из четырех перечисленных взаимодействий было открыто гравитационное взаимодействие. Следующим было электромагнитное взаимодействие, которое определяет колоссальное количество явлений природы. Электромагнитное взаимодействие характеризуется участием так называемого электромагнитного поля. Электромагнитное поле – особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между зараженными частицами. Электродинамика – физическая теория, определяющая свойства электромагнитного поля. При изучении курса особое внимание уделяется методологическим и философским проблемам физики и естествознания в целом, что позволяет понять огромную роль классической теории в становлении электромагнитной картины мира.

Такая мотивация позволяет более отчетливо осознать важность изучения дисциплины. С самого начала следует осознать интегративный характер данного курса. Фундаментальные положения электродинамики являются одним из основных источников знаний о строении и свойствах полевой формы материи.

При изучении данного курса следует стараться находить связь излагаемых положений теории электростатических полей, теории электромагнитного поля с феноменологическими законами, излагаемыми в курсе общей физики в рамках дисциплины «Электричество и магнетизм», что поможет студентам нагляднее представить физические явления и способы их описания.

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Основные уравнения электродинамики	Интерактивное обсуждение по теме «Уравнения Максвелла, их значение для становления электродинамики»	8	Для подготовки индивидуального сообщения целесообразно использовать литературные источники [1, 2] из списка основной литературы и интернет источники (elementy.ru)	Групповая работа

		ики».			
2	Электростатика	Подготовка сообщения на тему: «Закон Кулона и история его открытия», «Электростатическая теорема Гаусса как инструмент вычисления электрических полей»	8	Для подготовки к обсуждению методов решения задач электростатики целесообразно использовать литературные источники [2, 3] из списка основной литературы. Для подготовки сообщения предпочтительнее использовать интернет источники	Выступление с презентацией
3	Магнитостатика	Подготовка сообщения на тему: «Закон полного тока и закон Био-Савара-Лапласа как инструмент вычисления магнитных полей»	8	Для подготовки к обсуждению методов решения задач магнитостатики целесообразно использовать литературные источники [2, 3] из списка основной литературы. Для подготовки сообщения предпочтительнее использовать интернет источники	Выступление с презентацией
4	Излучение электромагнитного поля	Подготовка сообщения на тему: «Закон электромагнитной индукции Фарадея, история его открытия и его эвристическое значение»	6	Для подготовки к обсуждению сравнительного анализа постоянных и квазистационарных полей целесообразно использовать литературный источник [1] из списка основной литературы. Для подготовки сообщения предпочтительнее использовать интернет источники	Выступление с презентацией
5	Электромагнитные волны	Подготовка сообщения на тему: «Европейский проект лазера на свободных электронах «XFEL»».	6	Для подготовки к обсуждению особенностей излучения электромагнитных волн целесообразно использовать литературные источники [2–4] из списка дополнительной	Выступление с презентацией



				литературы. Для подготовки сообщения предпочтительнее использовать интернет источники	
--	--	--	--	---	--

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий (при наличии)

Формой отчетности по данной дисциплине является экзамен. Необходимые условия допуска к экзамену:

- Наличие полного конспекта лекций
- Прохождения итогового теста по всему курсу
- Сдача всех контрольных работ (3 шт) с положительным результатом

Ниже приведены примерные планы практических занятий. Номера задач приводятся из банка заданий в системе Moodle.

### Семинар 1.

#### Тема: Закон Кулона

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 1–12

Обсуждаемые вопросы: закон Кулона для точечных зарядов, принцип суперпозиции, электростатическое равновесие.

### Семинар 2.

#### Тема: Закон Кулона

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 12–23

Обсуждаемые вопросы: закон Кулона для распределенных зарядов, принцип суперпозиции в интегральной форме, электростатическое равновесие.

### Семинар 3.

#### Тема: Электростатическая теорема Гаусса

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 23–27

Обсуждаемые вопросы: электростатическая теорема Гаусса, особенности применения на объектах различной размерности.

### Семинар 4.

#### Тема: Скалярный потенциал. Энергия электростатического поля

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 28–32

Обсуждаемые вопросы: потенциальность электростатического поля, особенности введения и использования скалярного потенциала, способы вычисления энергии электростатического поля.

### Семинар 5.

#### Тема: Индукция магнитного поля

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 32–38

Обсуждаемые вопросы: способы вычисления индуктивности магнитного поля, непосредственное вычисление с помощью интеграла, вычисления из выражения для энергии магнитного поля.

### Семинар 6.

#### Тема: Магнитный момент и вектор-потенциал магнитного поля

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 39–41

Обсуждаемые вопросы: магнитный момент, особенности вычисления магнитного момента для линейного и объемного токов, особенности определения вектор-потенциала магнитного поля.

### Семинар 7.

#### Тема: Излучение электромагнитных волн

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 42–43

Обсуждаемые вопросы: волновое уравнение, плоская и сферическая волна, виды записи, определение векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$  в плоской электромагнитной волне.

### **Семинар 8.**

#### **Тема: Излучение электромагнитных волн**

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 44–46

Обсуждаемые вопросы: волновое уравнение, отражение и преломление электромагнитных волн, излучение заряженной частицы, синхротронное излучение и его применение.

## **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **а) основная**

1. Пейсахович, Ю.Г. Классическая электродинамика : учебное пособие / Ю.Г. Пейсахович. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 634 с. : ил. - (Учебники НГТУ). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7782-2211-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436255> (24.01.2018).

2. Муромцев, Д.Ю. Техническая электродинамика / Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 116 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1096-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277902> (24.01.2018).

3. Дубровский, В.Г. Электричество и магнетизм: Сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В.Г. Дубровский, Г.В. Харламов. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-1600-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228733> (24.01.2018).

4. Цомакион, Б.Ф. Электродинамика / Б.Ф. Цомакион. - Красноярск : Красноярское книжное издательство, 1962. - 552 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474169> (24.01.2018).

### **б) дополнительная**

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учеб. пособие. – 3-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2001. – 416 с. (20 экз)

2. Попов, Н.А. Уравнения Максвелла / Н.А. Попов. - Москва : Прометей, 2012. - 33 с. - ISBN 978-5-4263-0105-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437347> (24.01.2018).

3. Степаньянц, К.В. Классическая теория поля / К.В. Степаньянц. - Москва : Физматлит, 2009. - 537 с. - ISBN 978-5-9221-1082-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68977> (24.01.2018).

4. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., стер. - Москва : Физматлит, 2009. - Т. 3. Электричество. - 655 с. - ISBN 978-5-9221-0673-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82998> (24.01.2018).

5. Буданов, А.В. Основы электродинамики: учебное пособие / А.В. Буданов, В.Д. Стрыгин, А.В. Каданцев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2010. - 183 с. - ISBN 978-5-89448-745-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141645> (24.01.2018).

6. Коростелев, Ю.С. Электродинамика – это просто : учебное пособие / Ю.С. Коростелев, А.В. Пашин. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2010. - 132 с. - ISBN 978-5-9585-0401-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144048> (24.01.2018).

7. Леденев, А.Н. Физика: учебное пособие / А.Н. Леденев. - Москва : Физматлит, 2005. - Кн. 3. Электромагнетизм. - 192 с. - ISBN 5-9221-0463-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69231> (24.01.2018).

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Информационно-образовательные ресурсы:

**1. Образовательные ресурсы кафедры общей и теоретической физики:**

<http://ksu.edu.ru/>

**2. Система дистанционного обучения университета MOODLE**

<http://sdo.ksu.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>

2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>

3. ЭБС «Znaniium»

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Аудитория для лекций:**

Корпус Е, № 209, количество посадочных мест – 30, мультимедийный комплекс, включающий экран, ноутбук и проектор.

**Аудитория для практических занятий:**

Корпус Е, № 212, количество посадочных мест – 24.

**Аудитории для самостоятельной работы:**

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.