

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ ПОЛЯ

Направление подготовки 03.03.02–Физика

Направленность: Физика

Квалификация выпускника: Бакалавр

Кострома 2023

Рабочая программа дисциплины «Теория поля» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2020 г., приказ № 891

Разработал: Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и общей и теоретической физики

Рецензент: Жиров Александр Владимирович, доцент кафедры общей и теоретической физики, к.т.н.

УТВЕРЖДЕНО:

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики
Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и
теоретической физики к.т.н, доцент
Протокол заседания кафедры № 6 от 27 февраля 2023 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

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

В результате изучения учебной дисциплины «Теория поля» у обучаемых должна сформироваться общепрофессиональная компетенция:

Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1).

Задачи дисциплины:

– овладеть методами описания скалярных векторных полей от скалярных и векторных аргументов и их динамики с помощью соответствующего математического аппарата;

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

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате изучения дисциплины «Теория поля» обучаемые должны

Освоить компетенцию:

ОПК-1: способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Код и содержание индикаторов компетенции

ОПК-1.3. Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

знать

– базовые разделы общей и теоретической физики в области электродинамики: основные понятия, уравнения Максвелла в различных формах.

– основные понятия и операции векторного анализа необходимые для адекватного теоретического описания физических систем

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;

владеть

– методами решения профессиональных задач, используя базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики, в частности методами решения задач электродинамики.

– методами работы с математическими объектами векторного анализа для описания физических явлений

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Данная дисциплина изучается в пятом семестре обязательной части Блока 1 образовательной программы бакалавров физики. Она является одной из базовых частей модуля «Теоретическая физика». Содержание дисциплины охватывает основные понятия классической электродинамики: скалярные, векторные поля, преобразование координат вектора при изменении базиса линейного пространства, интегральные теоремы Остроградского-Гаусса, Стокса и Грина, дифференциальные операторы первого и второго порядка как в декартовых, так и в ортогональных криволинейных координатах, уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах; Потенциалы электромагнитного

поля; калибровочная инвариантность; Мультипольные разложения потенциалов; Решения уравнений для потенциалов.

Перед изучением дисциплины «Теория поля» обучающийся должен иметь представления об электромагнитном поле как едином проявлении электрического и магнитного полей, электрических и магнитных свойствах веществ, 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».

Освоение данной дисциплины необходимо для успешного изучения последующих дисциплин: «Квантовая теория», «Термодинамика», «Астрофизика», на которых происходит дальнейшее формирование общепрофессиональной компетенций ОПК-1.

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: | 84 |
| Лекции | 34 |
| Практические занятия | 50 |
| Лабораторные занятия | – |
| Самостоятельная работа в часах | 60 |
| Форма промежуточной аттестации | Экзамен 5 семестр |

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

| Виды учебных занятий | Очная форма |
|----------------------|-------------|
| Лекции | 34 |
| Практические занятия | 50 |
| Лабораторные занятий | – |
| Консультации | 2 |
| Зачет/зачеты | – |
| Экзамен/экзамены | 0,35 |
| Курсовые работы | – |
| Курсовые проекты | – |
| Всего | 86,35 |

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 | Векторный анализ | 26 | 8 | 12 | | 6 |
| 2 | Основные уравнения | 30 | 10 | 14 | | 6 |

| | | | | | | |
|---|-----------------|------------|-----------|-----------|--|-----------|
| | электродинамики | | | | | |
| 3 | Электростатика | 26 | 8 | 12 | | 6 |
| 4 | Магнитостатика | 26 | 8 | 12 | | 6 |
| | Экзамен | 36 | | | | 36 |
| | Итого: | 144 | 34 | 50 | | 60 |

5.2. Содержание:

ТЕМА 1. Векторный анализ. Вектор-функция скалярного аргумента, производная по скалярному аргументу. Скалярное поле, производная по направлению, градиент. Векторное поле, векторные линии, производная по направлению. Поток вектора, теорема Гаусса-Остроградского, дивергенция векторного поля. Циркуляция вектора, теорема Стокса, ротор векторного поля. Теоремы Грина. Оператор Гамильтона – набла. Применение дифференциальных операций к различным произведениям векторных и скалярных функций. Дифференциальные операции второго порядка. Интегральные теоремы в применении к специального вида полям: потенциальное и соленоидальное поле. Скалярный потенциал и его свойства. Ортогональные криволинейные координаты.

ТЕМА 2. Основные уравнения электродинамики. Введение. Экспериментальные данные, лежащие в основе электродинамики. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Уравнения Максвелла в вакууме. Система единиц измерения. Скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность потенциалов. Калибровка Лоренца, калибровка Кулона. Система уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Энергия и импульс электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойтинга.

ТЕМА 3. 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.

ТЕМА 4. Магнитостатика. Основные уравнения магнитостатики. Граничные условия. Поле системы токов. Мультипольное разложение. Энергия постоянного магнитного поля. Силы в постоянном магнитном поле. Энергия системы токов во внешнем поле.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Основная цель дисциплины «Теория поля» состоит в том, чтобы познакомить обучающихся с главными положениями классической теории поля, на примере электромагнитного поля, а также с решениями задач соответствующей предметной области. Студент должен усвоить математический аппарат теории поля 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. Как электромагнитное поле, так и гравитационное поле являются предметом изучения общей теории 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 теории поля являются одним из основных источников знаний о строении и свойствах всех полевых форм 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 | Векторный анализ | Индивидуальные задания | 6 | Использовать материалы семинаров по «Математическому анализу» и источники [4] из списка основной литературы и [5] из списка дополнительной литературы | Письменный опрос |
| 2 | Основные уравнения электродинамики | Индивидуальные задания | 6 | Для подготовки к решению индивидуального задания целесообразно использовать литературные источники [1–3] из списка основной литературы и [2–4] из списка дополнительной литературы | Письменный опрос |
| 3 | Электростатика | Индивидуальное задание в виде расчета | 6 | Для подготовки к решению индивидуального задания целесообразно использовать литературные источники [1–3] из списка основной литературы и [2–4] из списка дополнительной литературы | Защита расчета |
| 4 | Магнитостатика | Индивидуальное задание в | 6 | Для подготовки к решению | Защита расчета |

| | | | | | |
|--|--|--------------|--|---|--|
| | | виде расчета | | индивидуального задания целесообразно использовать литературные источники [1–3] из списка основной литературы и [2–4] из списка дополнительной литературы | |
|--|--|--------------|--|---|--|

6.2. Тематика и задания для практических занятий

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: Векторный анализ. Векторные и скалярные функции

Обсуждаемые вопросы: векторная функция скалярного аргумента, кривизна и кручение пространственной кривой, формулы Френе, скалярное поле, линии и поверхности уровня, операция градиента, определение нормали к поверхности.

Семинар 3.

Тема: Векторный анализ. Оператор дивергенции, теорема Остроградского-Гаусса

Обсуждаемые вопросы: поток вектора сквозь поверхность, способы вычисления потока, теорема Остроградского-Гаусса, дивергенция.

Семинар 4.

Тема: Векторный анализ. Оператор ротора, теорема Стокса

Обсуждаемые вопросы: вычисление линейного интеграла от векторного поля, циркуляция вектора по замкнутому контуру, вычисление циркуляции, теорема Стокса, ротор.

Семинар 5.

Тема: Векторный анализ. Оператор Гамильтона набла

Обсуждаемые вопросы: векторно-дифференциальный оператор набла, запись дифференциальных операций градиента, дивергенции и ротора с помощью оператора набла, вычисление дифференциальных операций от скалярных и векторных произведений, дифференциальные операции второго порядка, оператор Лапласа.

Семинар 6.

Тема: Уравнения Максвелла

Обсуждаемые вопросы: закон электромагнитной индукции Фарадея, ток смещения, уравнения Максвелла, замкнутость уравнений.

Семинар 7.

Тема: Уравнения Максвелла

Обсуждаемые вопросы: способы решения уравнений Максвелла, скалярный и векторный потенциалы, калибровка потенциалов. уравнения Даламбера.

Семинар 8.

Тема: Электростатика

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 1–12, 23–27

Обсуждаемые вопросы: закон Кулона для точечных зарядов, принцип суперпозиции, электростатическое равновесие, электростатическая теорема Гаусса,

особенности применения на объектах различной размерности.

Семинар 9.

Тема: Скалярный потенциал. Энергия электростатического поля

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 28–32

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

Семинар 10.

Тема: Магнитостатики

Задачи для разбора с преподавателем: №№ 32–38

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

Семинар 11.

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.

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. Гордиенко, А.Б. Основы векторного и тензорного анализа : учебное пособие / А.Б. Гордиенко, М.Л. Золотарев, Н.Г. Кравченко. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2009. - 133 с. - ISBN 978-5-8353-0968-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488> (31.08.2018).

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. Кочин, Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н.Е. Кочин. - 5-е изд., испр. - Ленинград ; Москва : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1937. - 454 с. - ISBN 978-5-4460-8367-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=105572> (31.08.2018).

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 «Znanium»

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

Аудитория для лекций

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа (например, корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, компьютер и проектор)

Аудитория для практических занятий:

Корпус Е, № 304, 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.

| Аннотация | | |
|--|------------------------|------|
| Наименование дисциплины | Теория поля | |
| Направление подготовки | 03.03.02–Физика | |
| Направленность подготовки | Физика | |
| Трудоемкость дисциплины | Зачетные единицы | Часы |
| | 4 | 144 |
| Формы контроля | Экзамен | |
| Цели освоения дисциплины | | |
| подготовка бакалавров физики к научно-исследовательской деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских или проектных бюро путем формирования соответствующих компетенций | | |
| Задачи дисциплины | | |
| <ul style="list-style-type: none"> – овладеть методами описания скалярных векторных полей от скалярных и векторных аргументов и их динамики с помощью соответствующего математического аппарата; – освоить методы решения задач электродинамики при различных конфигурациях электромагнитного поля в стационарных и нестационарных случаях | | |
| Место дисциплины в структуре ОП | | |
| Данная дисциплина изучается в пятом семестре обязательной части Блока 1 образовательной программы бакалавров физики | | |
| Формируемые компетенции | | |
| способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1) | | |
| Требования к уровню освоения содержания дисциплины: | | |
| знать: | | |
| <p>базовые разделы общей и теоретической физики в области электродинамики: основные понятия, уравнения Максвелла в различных формах.</p> <p>основные понятия и операции векторного анализа необходимые для адекватного теоретического описания физических систем</p> | | |
| 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; | | |
| владеть: | | |
| <p>методами решения профессиональных задач, используя базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики, в частности методами решения задач электродинамики.</p> <p>методами работы с математическими объектами векторного анализа для описания физических явлений</p> | | |