

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

« 17 » 05 2018 г.

Регистрационный № УД- 082/18 уч.



Математическое моделирование в электродинамике

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности

1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)

направление специальности

1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная
деятельность)

2018 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 03-2013 и учебных планов УВО № G31-173/уч. 2013 г. от 30.05.2013, № G31и-190/уч. 2013 г. от 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛЬ

А.И. Урбанович, доцент кафедры вычислительной математики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой вычислительной математики (протокол № 14 от 19.04.2018);
Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 5 от 04.05.2018)


Зав. каф.  / В.А. Ремников

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина “Математическое моделирование в электродинамике” посвящена изложению основ теории электромагнитных явлений и математическому моделированию электромагнитных процессов с помощью уравнений Максвелла.

Содержание дисциплины отражает современный уровень науки и образования, а запас сведений о законах электромагнитных явлений, имеющийся у студента из курса физики средней школы, преобразуется в современное научное знание. Обоснование теории анализируется в свете современного состояния экспериментальных основ электромагнетизма с учетом пределов применимости используемых понятий.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны получить определенные навыки в формировании физического образа мышления, в умении создавать математические модели изучаемых физических процессов, а также навыки практической реализации для решения прикладных задач.

Цель учебной дисциплины “Математическое моделирование в электродинамике” – изложение экспериментального обоснования теории электромагнетизма в локальной форме, то есть в виде соотношений между величинами в одной и той же пространственно-временной точке и получении уравнений Максвелла как результат обобщения и математической формулировки установленных в эксперименте закономерностей. Они же выступают и как инструмент исследования этих закономерностей.

Основные задачи, решаемые при изучении учебной дисциплины “Математическое моделирование в электродинамике”:

- формирование у студентов твердых навыков в умении создавать математические модели задач и решать их, используя аналитические и численные методы;
- освоение современных подходов решения задач для нелинейных сред с целью выявления физических эффектов.

Учебная дисциплина “Математическое моделирование в электродинамике” относится к циклу дисциплин специализации (1-31 03 03-01 11 математическая кибернетика).

Применяемые при решении указанных задач методы опираются на дисциплины “Геометрия и алгебра”, “Обыкновенные дифференциальные уравнения” и “Методы численного анализа”, “Уравнения математической физики”.

Учебный материал, излагаемый в данной дисциплине, тесно связан с учебной дисциплиной «Численные методы математической физики» государственного компонента.

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- основные экспериментальные факты теории электромагнетизма;

- вопросы, связанные с математическое теорией поля в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат;
- все основные законы электродинамики и математические модели, используемые при их описании.

уметь:

- вычислять характеристики электромагнитного поля, используя различные конфигурации зарядов;
- применять методы математической физики при решении различных задач электродинамики;
- проводить математическое моделирование электромагнитных процессов с помощью уравнений Максвелла аналитическими и численными методами.

владеть:

- основными понятиями электромагнитной теории и осознавать общеполософское и мировоззренческое значение электромагнетизма;
- подходами к постановке и решению задач электродинамики;
- навыками самообразования и представления о том, что в рамках электромагнитных явлений отчетливо проявляются особенности полевой теории существования материи и хорошо прослеживается взаимопревращение ее различных форм и взаимопревращение различных видов энергии.

Освоение учебной дисциплины Математическое моделирование в электродинамике” должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.

социально-личностные компетенции:

- СЛК-1. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

профессиональные компетенции:

- ПК-1. Работать с научно-технической, нормативно-справочной и специальной литературой.

В соответствии с учебным планом специальности 1- 31 03 03 Прикладная математика (по направлениям) учебная программа предусматривает для изучения дисциплины 154 учебных часа, в том числе 68 аудиторных часов: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетных единицы.
Форма текущей аттестации – экзамен в 5 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Микроскопические носители электрических зарядов

Тема 1.1. Введение.

Микроскопические носители электрических зарядов. Классификация. Электрон. Протон. Нейтрон. Что означает непрерывное распределение электрического элементарного заряда? Спин и магнитный момент. Элементарный заряд, его инвариантность. Заряженные тела. Электризация.

Электрический ток. Движение зарядов. Объемная и поверхностная плотность зарядов. Плотность тока. Сила тока через поверхность.

Закон сохранения заряда. Формула Гаусса – Остроградского. Интегральная и дифференциальная (уравнение непрерывности) форма сохранения заряда.

Раздел 2. Электростатическое поле

Тема 2.1. Полевая трактовка закона Кулона.

Закон Кулона. Полевая трактовка закона Кулона. Электрическое поле неподвижных зарядов. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Электростатическая теорема Гаусса. Интегральная и дифференциальная формулировка закона Кулона.

Тема 2.2. Потенциал электрического поля.

Потенциал электрического поля. Работа в электрическом поле. Формула Стокса. Потенциальность кулоновского поля. Скалярный потенциал. Выражение работы через потенциал. Потенциал поля точечного заряда и системы точечных зарядов. Теорема Ирншоу.

Уравнения Лапласа и Пуассона.

Раздел 3. Электрическое поле при наличии проводников и диэлектриков

Тема 3.1. Электрическое поле при наличии проводников.

Дифференциальная форма закона Ома. Классификация материалов по проводимости. Электрическая индукция. Конденсаторы. Проводящий шар в однородном поле. Поля диполя. Метод изображений.

Тема 3.2. Электрическое поле при наличии диэлектриков.

Дипольный момент непрерывного распределения зарядов. Поляризация диэлектриков. Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризованности. Зависимость поляризованности от напряженности электрического поля. Электрическое смещение. Диэлектрическая проницаемость. Электростатическая теорема Гаусса при наличии диэлектриков.

Раздел 4. Энергия электрического поля

Тема 4.1. Энергия электрического поля.

Энергия взаимодействия дискретных зарядов. Энергия заряженных проводников. Энергия диполя во внешнем поле. Собственная энергия.

Раздел 5. Постоянный электрический ток

Тема 5.1. Действие электрического тока.

Закон Ома. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца. Линейные цепи. Правила Кирхгофа. Суперпроводимость. Критическая температура.

Раздел 6. Магнитное поле

Тема 6.1. Магнитное поле стационарных токов.

Вектор индукции магнитного поля. Напряженность магнитного поля. Закон Ампера. Закон Био – Савара. Закон полного тока в интегральной и дифференциальной форме. Векторный потенциал.

Тема 6.2. Магнетика. Энергия магнитного поля.

Магнитное поле при наличии магнетиков. Намагниченность магнитного поля. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Явление магнитного гистерезиса.

Сила Лоренца. Закон электромагнитной индукции Фарадея в дифференциальной форме. Энергия магнитного поля.

Раздел 7. Электромагнитные волны

Тема 7.1. Уравнения Максвелла.

Система уравнений Максвелла. Ток смещения. Материальные уравнения среды. Линейные материальные уравнения – одна из возможных моделей реальных сред. Нелинейные среды.

Тема 7.2. Излучение электромагнитных волн.

Излучение электромагнитных волн. Уравнение для векторного и скалярного потенциала. Запаздывающие потенциалы. Разложение по мультиполям. Переменное электромагнитное поле в вакууме.

Тема 7.3. Плоские волны.

Интерференция, дифракция. Принцип Гюйгенса – Френеля. Распространение электромагнитных волн в диэлектриках и проводниках. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Поток энергии. Вектор Умова – Пойнтинга.

Тема 7.4. Нелинейные эффекты при распространении световых волн в нелинейных средах.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия		
1	Микроскопические носители электрических зарядов	4		1	Отчет по лаб. работе
2	Электростатическое поле в вакууме	4	6		Экспресс-опрос
3	Электрическое поле при наличии проводников и диэлектриков	4	4		Экспресс-опрос. Контрольная работа
4	Энергия электрического поля	4	4	1	Отчет по лаб. работе
5	Постоянный электрический ток	4	4	1	Отчет по лаб. работе
6	Магнитное поле	6	4		Контрольная работа
7	Электромагнитные волны	8	8	1	Отчет по лаб. работе
	Всего	34	30	4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *Матвеев А.Н.* Электричество и магнетизм. – М.; Высшая школа, 1983. – 463 с.
2. *Иродов И.Е.* Основные законы электромагнетизма. – М.: Высшая школа, 1983. – 279 с.
3. *Киселев Д.Ф. и др.* Электричество и магнетизм. Методика решения задач. – М.: Физический факультет МГУ, 2010. – 332 с.

Перечень дополнительной литературы

4. *Апанасевич П.А.* Основы теории взаимодействия света с веществом. – Мн., "Наука и Техника", 1977, с 496.
5. *Ерофеев В.Т., Козловская И.С.* Математические модели в электродинамике. Ч.1. – Минск: БГУ, 2008 – 195 с.
6. *Ерофеев В.Т., Козловская И.С.* Математические модели в электродинамике. Ч.2. – Минск: БГУ, 2008 – 167 с.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Элементы математической теории поля

1. Вычислить характеристики скалярного поля: поверхности и линии уровня.
2. Вычислить производную по направлению.
3. Вычислить градиент скалярного поля и его свойства.

Раздел 2. Векторное поле

1. Найти векторные линии поля.
2. Найти поток поля.
3. Вычислить дивергенцию поля.
4. Вычислить циркуляцию поля. Ротор поля.

Раздел 3. Оператор Гамильтона

1. Произведение векторных дифференциальных операций первого порядка.
2. Произведение векторных дифференциальных операций второго порядка.

Раздел 4. Изучение некоторых свойств основных классов векторных полей

1. Изучение соленоидального поля.
2. Изучение потенциального поля.
3. Изучение гармонического поля.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- лабораторные работы;
- письменные контрольные работы;
- коллоквиумы;
- устные экспресс-опросы.

Лабораторные работы представляют собой задания, включающие аналитическое исследование и решение предложенных задач. Рекомендуемая форма отчетности по лабораторной работе – письменный отчет. Лабораторная работа оценивается по стандартной 10-балльной шкале. Оценка за лабораторную работу может быть снижена в случае несвоевременного выполнения.

Письменные контрольные работы проводятся для контроля знаний по одному или нескольким разделам дисциплины. Они включают, как правило, 4-5 заданий и оцениваются по 10-балльной шкале. В случае неудовлетворительной оценки контрольная работа может быть переписана.

Устный экспресс-опрос студентов проводится в свободной форме в течение лабораторных занятий. Его результаты учитываются преподавателем при выставлении рейтинговой оценки в конце семестра.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015)
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
Численные методы математической физики	Кафедра вычислительной математики	Нет	Изменений не требуется, протокол № 14 от 19.04.2018

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
