

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**  
**(Новосибирский государственный университет, НГУ)**

**Физический факультет**  
**Кафедра общей физики**



**Рабочая программа дисциплины**

**ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

Направление подготовки: **03.03.01 Прикладные математика и физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Прем заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	
3	216	64	64		12	46	18	8				4
Дисциплина «Электричество и магнетизм»: всего 216 часов/6 зачетных единиц из них: - контактная работа 150 часов Компетенции: ОПК-2												

Ответственный за образовательную программу  
 д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск 2023

## Содержание

1. <u>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.</u> .....	3
2. <u>Место дисциплины в структуре образовательной программы.</u> .....	4
3. <u>Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.</u> .....	4
4. <u>Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.</u> .....	5
5. <u>Перечень учебной литературы.</u> .....	11
6. <u>Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.</u> 11	
7. <u>Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.</u> .....	11
8. <u>Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.</u> .....	12
9. <u>Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.</u> .....	12
10. <u>Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.</u> .....	12
Аннотация.....	15

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Электричество и магнетизм» представляет собой семестровый курс, читаемый в первом семестре второго курса физического факультета.

Цели дисциплины – познакомить обучающихся с основными явлениями в области традиционных разделов электростатики, магнитостатики и квазистационарным процессам, а также с основными моделями и уравнениями, описывающие эти явления на базе полной системы уравнений Максвелла.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ОПК-2.</b>Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p><b>ОПК - 2.1.</b> Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики.</p> <p><b>ОПК – 2.2.</b> Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного исследования.</p> <p><b>ОПК – 2.3.</b> Применяет различные методы обработки и системы анализа экспериментальных данных.</p>	<p><b>Знать</b> основные законы электричества и магнетизма, с помощью которых описываются явления в области естественных наук, такие как поляризационные свойства веществ, включая электрические и магнитные (ЯМР), играющие огромную роль в биологии и медицине;</p> <p>основные физические законы, описывающие изучаемый круг физических явлений, традиционные разделы электродинамики, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания для решения научных и практических задач в области естественных наук, в соответствии с основными законами и уравнениями электродинамики, использовать простейшие теоретические и экспериментальные методы исследований; пользоваться законами электродинамики для анализа физической сути изучаемых явлений: принципом суперпозиции для определения полей от заданных источников; интегральными соотношениями (теорема Гаусса для потоков, теорема Стокса для циркуляции, интегральный закон об электромагнитной индукции) – как для вычисления полей при использовании соображений симметрии, так и для составления дифференциальных уравнений и</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		граничных условий; законом сохранения энергии электромагнитного поля; формулировать краевую задачу и строить ее простейшие решения, позволяющие наряду с распределением полей определить недостающие источники полей. <b>Использовать</b> методами решения задач электричества и магнетизма.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Электричество и магнетизм» читается в течение 3-го семестра 2 курса физического факультета. Необходимыми предпосылками для успешного освоения дисциплины является следующее:

- в цикле математических дисциплин: знание основ линейной алгебры и математического анализа, умение дифференцировать и интегрировать, разложить функцию трех переменных в ряд Тейлора, решать простейшие дифференциальные уравнения, владеть элементами векторного анализа, включая хорошее понимание интегральных теорем Остроградского-Гаусса и Стокса.

- в цикле общезначимых дисциплин необходимыми предпосылками являются знания основ классической механики, молекулярной физики и специальной теории относительности.

В свою очередь, такие разделы дисциплины как описание статических электрических и магнитных полей в материальных средах, квазистационарные явления и начальные понятия об электромагнитных волнах составляют необходимую основу для успешного изучения следующих за ней дисциплин «Электродинамика и оптика», «Аналитическая механика», «Физика сплошных сред» и «Квантовая механика», которые также являются базовой частью подготовки бакалавров-физиков и направлены на формирование общепрофессиональных компетенций.

В процессе обучения дисциплине «Электричество и магнетизм» студенты одновременно с изучением теории основных физических явлений во время лекций и практических занятий имеют также возможность исследовать их на практике при прохождении дисциплины «Электромагнитный практикум».

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)		Промежуточная аттестация (в часах)	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем	Самостоятельная работа	Самостоятельная подготовка	Контактная работа обучающихся с преподавателем

		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Прем заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
3	216	64	64		12	46	18	8			4
Дисциплина «Электричество и магнетизм»: всего 216 часов/6 зачетных единиц из них: - контактная работа 150 часов											
Компетенции: ОПК-2											

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий и контрольных работ, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: домашние задания, контрольные работы, обязательные задания для самостоятельного решения;
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 150 часов.

#### **4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Общая трудоемкость дисциплины «Электричество и магнетизм» составляет 6 зачетных единиц.

#### **Структура и содержание дисциплины «Электричество и магнетизм» (6 зачетных единиц 216 часа.)**

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Консультации перед экзаменом ( в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)		
				Лекции	Практические занятия	Прием заданий			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1	Электрический заряд. Закон Кулона. Электрическое поле и его напряженность. Принцип суперпозиции. Поток электрического поля. Теорема Гаусса. Дивергенция электрического поля. Объемная плотность заряда $\rho$ .	1	12	4	4		2		
2	Потенциальность электростатического поля. Электрический потенциал. Градиент потенциала. Эквипотенциали. Силовые линии электрического поля. Основное уравнение электростатики. Уравнение Пуассона.	2	14	4	4		2		
3	Общее решение уравнения Пуассона в безграничном пространстве. Дельта-функция Дирака. Уравнение Лапласа и некоторые его частные решения в виде мультипликативных функций в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.	3	12	2	2		2		
4	Граничные условия для электрического поля. Математическая формулировка задач электростатики. Об единственности решения для поля вне проводника.	3	8	2	2		2		
5	Мультипольное разложение. Дипольное и квадрупольное приближения. Сила и момент сил, действующие на диполь. Энергия диполя во внешнем поле. Упругие и жесткие диполи.	4	12	2	2		2		
6	Энергия системы зарядов. Плотность энергии электрического поля. Емкость системы проводников.	4	6	2	2		2		

7	Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Электрическое поле и вектор индукции. Диэлектрическая проницаемость. Система уравнений для поля в диэлектрике.	5	6	2	2		2		
8	Теорема Гаусса. Граничные условия для поля в диэлектрике. Электрическое поле в однородном диэлектрике. Уравнения электростатики в диэлектрике. Задачи с границами раздела диэлектриков. Определение связанных зарядов	5	6	2	2		2		
9	Два типа диэлектриков. Оценки диэлектрической проницаемости. Энергия электрического поля в диэлектрике.	6	6	2	2		2		
10	Электрический ток. Объемная и поверхностная плотности тока. Закон сохранения заряда. Уравнение непрерывности. Закон Ома.	6	6	2	2		2		
11	Проведение потоковой контрольной. Разбор, обсуждение и решение задач по пройденным темам.	7	6		2		2		
12	Проводимость металлов. Условие применимости закона Ома. Закон Джоуля-Ленца. Уравнения и граничные условия для полей при прохождении тока.	7	10	4	2		2		
13	Релаксация зарядов в проводящей среде. Электродвижущая сила. Электрические цепи. Правила Кирхгофа.	8	6	2	2		2		
14	Ток в вакууме. Закон «трёх вторых» для плоского диода.	8	6	2	2		2		
15	Магнитное поле. Сила Лоренца. Закон Био-Савара. Векторный потенциал магнитного поля.	9	10	2	2		2		

16	Уравнение для векторного потенциала и его общее решение в безграничном пространстве. Основные уравнения магнитного поля. Теоремы о потоке и циркуляции магнитного поля.	9	6	2	2	1	1		
17	Граничные условия и математическая формулировка задачи определения постоянного магнитного поля.	10	6	2	2	1	1		
18	Магнитный диполь. Сила и момент сил, действующие на магнитный диполь во внешнем магнитном поле.	10	6	2	2	1	1		
19	Связь магнитного и механического моментов атомной системы. Гиромагнитное отношение. Прецессия магнитного момента. Понятие об электронном и ядерном магнитных резонансах.	11	6	2	2	1	1		
20	Проведение потоковой контрольной. Разбор, обсуждение и решение задач по пройденным темам.	11	6	2	2	1	1		
21	Магнитное поле в среде. Молекулярные токи. Вектор намагниченности. Полная система уравнений магнитостатики в среде. Диамагнетика и парамагнетика. Оценки магнитной проницаемости.	12	7	2	2	1	1		
22	Ферромагнетизм. Гистерезис. Остаточная магнитная индукция и коэрцитивная сила. Электромагниты и постоянные магниты.	12	6	2	2	1	1		
23	Закон электромагнитной индукции. Первая пара уравнений Максвелла. Потенциалы электромагнитного поля. Условие калибровки.	13	7	2	2	1	1		
24	Ток смещения. Вторая пара уравнений Максвелла. Квазистационарное	13	6	2	2	1	1		

	приближение. Квазистационарный ток в контуре, индуктивность и уравнение для тока. Сохранение магнитного потока.								
25	Квазистационарные электромагнитные поля в объемных проводниках. Диффузия поля и скин-эффект. Сопротивление сканированного провода.	14	8	2	2		1		
26	Энергия магнитного поля. Коэффициенты само- и взаимоиנדукции. Силы, действующие на проводник с током в магнитном поле.	14	6	2	2	1	1		
27	Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Поток энергии.	15	8	2	2		1		
28	Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Поляризация электромагнитной волны. Монохроматическая волна. Длина волны.	15	6	2	2		1		
29	Отражение и преломление электромагнитной волны на границе раздела двух сред. Показатель преломления.	16	10	4	2		1		
30	Итоговая потоковая контрольная работа	16	6		2	1	3		
31	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену	17	18						18
32	Экзамен		12					8	4
<b>Всего</b>			<b>216</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>12</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>22</b>

### План практических занятий (64 часа)

Ниже приведен список рекомендуемых задач для рассмотрения на семинарских занятиях и для домашних заданий из сборника задач: Меледин Г. В., Черкасский В. С. Электродинамика в задачах. Часть 1. Электродинамика частиц и полей. Новосибирск: НГУ, 2009.

Электростатика

1. Информация о курсе (учебники, задания, контрольные, зачет, экзамен) – 0,5 часа. Поле и потенциал точечного заряда. Суперпозиция. (Задачи 1.3, 1.4, 1.14, 1.15). Найти  $\phi$  снаружи и внутри однородного заряженного шара интегрированием уравнения Пуассона – 2 часа.
2. Теорема Гаусса (1.19, 1.20, 1.21, 1.22, 1.23, 1.24, 1.25) – 2 часа.

3. Дивергенция в сферических и цилиндрических координатах. Уравнения Пуассона и Лапласа (1.47, 1.48) – 2 часа.
  4. Разделение переменных в уравнениях Пуассона и Лапласа в декартовых координатах. Найти потенциал  $\varphi(X, Y, Z)$ , если плотность заряда задана формулой  $\rho = \rho_0 \sin(\alpha X) \sin(\beta Y) \sin(\gamma Z)$ . (1.49). Найти распределение потенциала  $\varphi(X, Y)$  в плоском слое  $0 < X < d$ , если  $\varphi(0, Y) = A \sin(\alpha Y)$ ,  $\varphi(d, Y) = \varphi_0 + B \sin(\alpha Y)$ .
  5. Диполь (1.27, 1.28, 1.29, 1.31, 1.32, 1.33) – 2 часа.
  6. Разделение переменных в уравнении Лапласа в сферических координатах. Квадрупольный потенциал и тензор квадрупольного момента. Мультиполи. (1.42, 1.43, 1.44, 1.45, 1.51) – 4 часа.
  7. Поле в диэлектриках. Граничные условия. (2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.8a) – 3 часа.
  8. Емкость. Потенциальные и емкостные коэффициенты. (2.10, 2.11, 2.12, 2.14, 2.15) – 3 часа.
  9. Метод изображений. (2.22, 2.23, 2.26, 2.27, 2.28, 2.32, 2.37, 2.39, 2.40) – 4 часа.
  10. Энергия поля. Давление. Силы. (2.46, 2.47, 2.48, 2.50, 2.51, 2.54) – 2 часа.
- Электрический ток
11. Электрический ток в проводнике. Граничные условия. Закон Ома. (3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.9, 3.18, 3.21, 3.24) – 4 часа.
  12. Закон «3/2». (3.32, 3.38, 3.39) – 2 часа.
  13. Разбор курсовой контрольной работы – 2 часа.
- Магнитостатика
14. Закон Био-Савара. Теорема Стокса. Суперпозиция. (4.1, 4.2, 4.3a, 4.4, 4.5, 4.8, 4.10, 4.13) – 4 часа.
  15. Векторный потенциал. Магнитный диполь. Прецессия магнитного момента. Скалярный магнитный потенциал. Аксиально-симметричное магнитное поле – описание через поле на оси (то же для электрического поля). (4.15, 4.22, 4.26, 4.30, 4.33) – 4 часа.
  16. Магнитное поле в среде. Граничные условия. Метод изображений. Магнитные цепи. Постоянные магниты. (5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.8, 5.10). Найти магнитное поле снаружи и внутри бесконечно длинного цилиндра радиуса  $a$  с магнитной проницаемостью  $\mu$ , помещенного во внешнее однородное магнитное поле  $\mathbf{H}_0$ , перпендикулярное его оси. (5.14, 5.15, 5.16, 5.19, 5.24) – 6 часов.
- Квазистационарные явления
17. Индуктивность. Энергия и давление магнитного поля. Взаимодействие токов с полем. (6.1, 6.2, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.13, 6.15, 6.16, 5.29, 5.33) – 4 часа.
  18. Сохранение магнитного потока (6.23, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28, 6.29, 6.33, 6.34) – 2 часа.
  19. Электромагнитная индукция. Трансформатор. (6.36, 6.39, 6.42, 6.47, 6.48, 6.49, 6.55) – 2 часа.
  20. Скин-эффект (6.76, 6.77, 6.78, 6.85, 6.92) – 4 часа.
  21. Поток энергии. Ток смещения. (6.102, 6.103, 6.106, 6.107) – 2 часа.

### Самостоятельная работа студентов (64 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям, решение задач	38
Подготовка к контрольным работам	8
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	0
Подготовка к экзамену	18

## 5. Перечень учебной литературы.

1. **Мешков И. Н., Чириков Б. В.** Электромагнитное поле. Новосибирск: Наука, 1987. Ч.1.
2. **Яковлев В. И.** Классическая электродинамика. Новосибирск: НГУ, 2009. Ч. 2.
3. **Меледин Г. В., Черкасский В. С.** Электродинамика частиц и полей в задачах. Новосибирск: НГУ, 2009. Ч. 1.
4. **Ландау Л.Д.** Теоретическая физика : учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : [в 10 т.] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц .— Москва : Наука, 19 - .— ; 22 см.Т.2: Теория поля .— 7-е изд., испр .— 1988 .— 509 с. : ил. — На корешке только загл. тома .— ISBN 5-02-013850-9, 85 000 экз. — ISBN 5-02-014420-7.
5. **Ландау Л.Д.** Теоретическая физика : [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов]: В 10 т. Т.8. Электродинамика сплошных сред. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц .— 3-е изд.,испр. — М. : Наука, 1992 .— 661 с. : ил. ; 22 см. — ISBN 5-02-014673-0
6. **Батыгин В.В., Топтыгин И.Н.** Сборник задач по электродинамике. М.: РХД, 2002.
7. Практикум по электродинамике в терминальном классе. Новосибирск: НГУ, 1992.
8. **Сивухин Д.В.** Общий курс физики. Электричество.Т.3. М.: Физматлит, 2004
9. **Сивухин Д.В.** Общий курс физики. Оптика. Т.4, М.: Физматлит, 2005, 2006, 2002, 1986
10. **Тамм И.Е.** Основы теории электричества. М.: Наука, 1989, 1976.

## 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры общей физики:

- 1 **Яковлев В. И.** Классическая электродинамика. Новосибирск: НГУ, 2003. Ч. 1.
- 2 **Меледин Г. В., Черкасский В. С.** Электродинамика в задачах. Часть 1. Электродинамика частиц и полей. Новосибирск: НГУ, 2009.

- Задания, представленные на сайте физического факультета:

<http://www.phys.nsu.ru/eldin/web/app.php/>

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### 7.1 Современные профессиональные базы данных

1. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ)
2. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) ([Arts and Humanities](#))
3. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI
4. Электронные БД JSTOR (США). 6 предметных коллекций: Arts & Sciences III, V, VI, VII, VIII, Language & Literature
5. БД Scopus (Elsevier)

6. Лицензионные материалы на сайте eLibrary.ru

## **7.2. Информационные справочные системы**

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office, а также используется специализированное программное обеспечение: ПО разработанное на ФФ НГУ, система программирования Matlab и пакет Partial Differential Equations (фирмы MathWorks).

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

Для реализации дисциплины «Электричество и магнетизм» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется на практических занятиях преподавателем при решении типовых задач студентом, обсуждаются идеи и способы решения задач, рекомендованных для практических занятий. В течение семестра проводятся 2 письменные контрольные работы и прием обязательных заданий по дисциплине. Результаты текущего контроля служат основанием для выставления оценок в ведомость контрольной недели на факультете.

#### ***Промежуточная аттестация***

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене, который состоит из письменной и устной части. Необходимым условием получения положительной оценки на экзамене является решение и сдача не менее 60% задач из заданий, выполняемых в течение семестра, а также написание письменных контрольных работ на положительную оценку. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию: проводится итоговая письменная экзаменационная работа и экзамен в устной форме по билетам. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-2.

Итоги промежуточной аттестации (экзамена) оцениваются по пятибалльной шкале.

Если перед началом экзамена у студента сдано менее 60% задач из заданий, то до ответа на вопросы экзамена ему даётся 30 минут на то, чтобы сдать оставшиеся задачи. Если студенту не удаётся этого сделать за отведённое время, то он не приступает к ответу на устные вопросы, а получает оценку «неудовлетворительно».

Для получения оценки *«отлично»* необходимо развёрнуто ответить на оба вопроса и получить на письменной части экзамена оценку не ниже «хорошо», сдать не менее 80% задач из заданий, выполняемых в течение семестра. Также надо ответить на дополнительные вопросы по всей дисциплине (продвинутый уровень освоения компетенций).

Для получения оценки *«хорошо»* нужно ответить на оба вопроса билета и получить на письменной части экзамена оценку не ниже «удовлетворительно», сдать не менее 80% задач из заданий, выполняемых в течение семестра. Допускается несколько несущественных ошибок. Необходимо также ответить на дополнительные вопросы, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины (базовый уровень освоения компетенций).

Для получения оценки *«удовлетворительно»* за ответы на вопросы, содержащиеся в билете, необходимо:

- ответить хотя бы на один вопрос в билете по теории, сдать не менее 60% задач из заданий, выполняемых в течение семестра необходимо также ответить на дополнительные вопросы, имеющие принципиальное значение для изученной дисциплины (пороговый уровень освоения компетенций).

Оценка «неудовлетворительно» ставится, когда уровень усвоения компетенций не сформирован

#### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК - 2.1. Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики.	<b>Знать</b> основные законы электричества и магнетизма, с помощью которых описываются явления в области естественных наук, такие как поляризационные свойства веществ, включая электрические и магнитные (ЯМР), играющие огромную роль в биологии и медицине; основные физические законы, описывающие изучаемый круг физических явлений, традиционные разделы электродинамики,	Решение задач, проведение контрольных работ, экзамен

	ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.	
<b>ОПК – 2.2.</b> Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного исследования.	<b>Уметь</b> применять полученные знания для решения научных и практических задач в области естественных наук, в соответствии с основными законами и уравнениями электродинамики, использовать простейшие теоретические и экспериментальные методы исследований; пользоваться законами электродинамики для анализа физической сути изучаемых явлений: принципом суперпозиции для определения полей от заданных источников; интегральными соотношениями (теорема Гаусса для потоков, теорема Стокса для циркуляции, интегральный закон об электромагнитной индукции) – как для вычисления полей при использовании соображений симметрии, так и для составления дифференциальных уравнений и граничных условий; законом сохранения энергии электромагнитного поля; формулировать краевую задачу и строить ее простейшие решения, позволяющие наряду с распределением полей определить недостающие источники полей.	Решение задач, проведение контрольных работ, экзамен.
<b>ОПК – 2.3.</b> Применяет различные методы обработки и системы анализа экспериментальных данных.	<b>Использовать</b> методами решения задач электричества и магнетизма.	Решение задач, проведение контрольных работ, экзамен.

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Электричество и магнетизм».

Таблица 10.2

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результат	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)

(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций )	ов обучения				
1	2	3	4	5	6
ОПК-1.1	Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
ОПК 1.2	Наличие умений	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

### 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

#### Обязательные задания по дисциплине «Электричество и магнетизм»:

##### ЗАДАНИЕ №1

(сдать до 5-ой недели)

1. 1.11
2. 2.55
3. Мы живем в электрическом поле напряженности  $E \approx 100$  В/м. 1) Найти заряд Земли. 2) Оценить силу, действующую на голову босого человека, рассматривая силу в модели маленького шарика, помещенного в плоский конденсатор с полем  $E \approx 100$  В/м и соединенного проводником-телом с заземленной нижней пластиной. 3) Оценить собственную емкость, моделируя собственное тело, например, шаром равной массы.
4. 1.30
5. 7.2
6. 6.37

##### ЗАДАНИЕ №2

(сдать до 11 недели)

7. 1.10
8. 1.37

- 9. 1.39
- 10. 1.50
- 11. 2.7
- 12. 2.9
- 13. 2.36
- 14. 2.44
- 15. 3.20
- 16. 3.7
- 17. 3.25

**ЗАДАНИЕ №3**

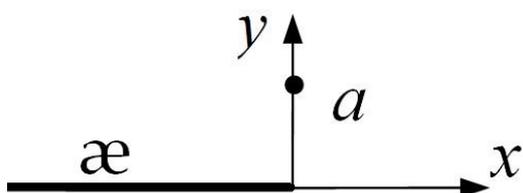
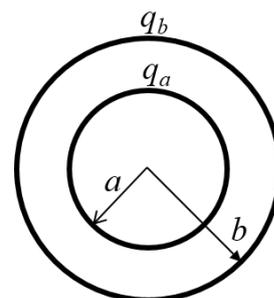
(сдать до 17 недели)

- 18. 4.24
- 19. 6.30
- 20. 6.32
- 21. 4.18
- 22. 4.28
- 23. 4.29
- 24. 5.18
- 25. 6.12
- 26. 6.56
- 27. 6.82

**Примерные варианты контрольных работ**

**Контрольная работа 1 по электричеству и магнетизму**

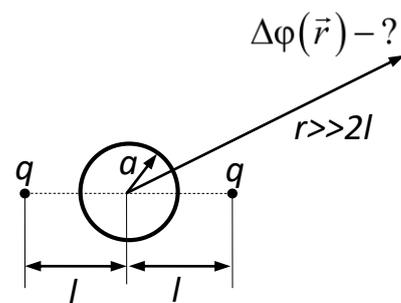
1. Концентрические сферы с радиусами  $a$  и  $b$  заряжены равномерно по поверхности суммарными зарядами  $q_a$  и  $q_b$  соответственно. Найти распределение напряжённости электрического поля  $E$  и потенциала  $\varphi$  во всем пространстве. (2б).



2. Полубесконечная нить, однородно заряженная с линейной плотностью  $\alpha$ , расположена на оси  $x$  и занимает область  $x < 0$  (см. рис.). Найти напряжённость электрического поля в точке с координатами  $(0, a, 0)$ . (3 б.).

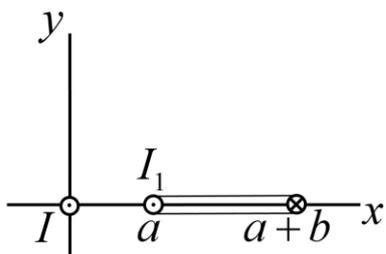
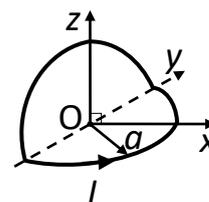
3. Часть пространства ( $x < 0, y < 0, z < 0$ ) заполнена диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon_1$ . Остальное пространство заполнено диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon_2$ . В точке начала координат поместили точечный заряд  $q$ . Найти потенциал и вектор напряжённости электрического поля во всём пространстве. (4б).

4. Два одинаковых точечных заряда  $q$  закреплены на расстоянии  $2l$  друг от друга. Между ними помещают незаряженный проводящий шарик радиуса  $a < l$ , так что центр шарика оказывается посередине между зарядами (см. рисунок). Найти первый не исчезающий член в разложении изменения потенциала  $\Delta\varphi(\vec{r})$  на больших расстояниях  $r$  ( $r \gg 2l$ ), возникшего в результате помещения шарика. (5б).

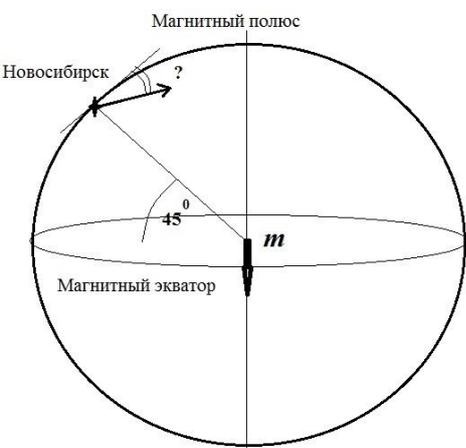


## Контрольная работа 2 по электричеству и магнетизму

1. Круглый проволочный виток радиуса  $a$  с центром в точке  $O$  согнули вдоль его диаметра так, что его грани стали образовывать прямой двугранный угол, и пустили по нему ток  $I$ . Найти магнитное поле в точке  $O$ . (2б).

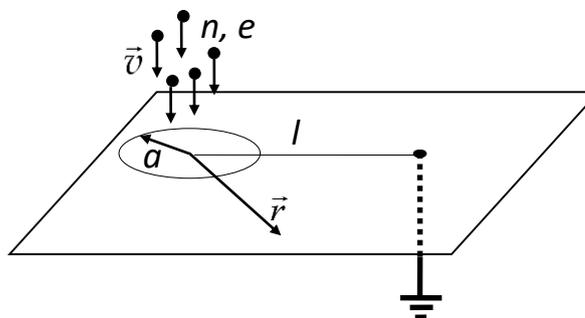


1. В поле  $\mathbf{B}$ , создаваемом бесконечным проводом с током  $I$ , совпадающим с осью  $z$ , находится прямоугольный контур с током  $I_1$  с размерами  $b$  на  $h$  ( $h$  - размер в направлении  $z$ ). Расположение контура и направление тока  $I_1$  в нем схематически изображено на рисунке. Найти силу  $\mathbf{F}$ , действующую на контур. (3б).



3. Модуль вектора магнитной индукции магнитного поля Земли в Новосибирске составляет величину  $0,6$  Гс, «магнитная широта» -  $45^\circ$  (см. рис.). Полагая, что магнитное поле создаётся диполем в центре Земли, найти угол между вектором  $\mathbf{B}$  и горизонтом в Новосибирске (1б), рассчитать поле на магнитном экваторе (форму Земли принять за шар, приплюсностью у полюсов пренебречь) (+2б).

4. Поток частиц зарядом  $e$  с концентрацией  $n$  падает со скоростью  $v$  перпендикулярно бесконечной проводящей плоскости, покрывая круг радиуса  $a$ . Ток отводится на землю по тонкому проводу, присоединённому на расстоянии  $l$  от центра круга. Найти распределение поверхностных токов  $i(\mathbf{r})$  на плоскости. (5б).



## Пример экзаменационного билета

1. Ток в вакууме. Закон «трёх вторых» (на компетенцию ОПК-1).
2. Уравнение для векторного потенциала и его общее решение для безграничного пространства (на компетенцию ОПК-3).

## Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

<p>МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</p> <p>Физический факультет</p>
<p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b></p> <p>1. Ток в вакууме. Закон «трёх вторых».</p> <p>2. Уравнение для векторного потенциала и его общее решение для безграничного пространства.</p> <p>Составитель _____ /А.Г.Погосов / (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p>

## Вопросы к экзамену.

1. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Поток электрического поля. Теорема Гаусса.
2. Дивергенция электрического поля. Распределённый заряд. Основное уравнение электростатики, его общее решение в безграничном пространстве.
3. Циркуляция и ротор электрического поля. Теорема Стокса. Электрический потенциал. Работа электрического поля. Потенциал точечного заряда.
4. Уравнение Лапласа. Разделение переменных в уравнении Лапласа в декартовой системе координат.
5. Уравнение Лапласа. Разделение переменных в уравнении Лапласа в сферической системе координат.
6. Уравнение Лапласа. Разделение переменных в уравнении Лапласа в цилиндрической системе координат.
7. Граничные условия для нормальной и тангенциальной компонент электрического поля. Поверхностная плотность зарядов. Поле вблизи поверхности металлов. Граничные условия для электрического поля, выраженные через его скалярный потенциал.
8. Проводники в электрическом поле. Теорема единственности.
9. Метод изображения для решения задач электростатики на примере плоской и сферической границ раздела проводника и непроводящего пространства.
10. Электрический диполь. Потенциал и поле диполя. Сила и момент сил, действующие на диполь в слабонеоднородном электрическом поле.
11. Электрический квадрупольный момент. Тензор квадрупольного момента для аксиально-симметричной системы зарядов.
12. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля.
13. Электрическая ёмкость. Матрица емкостных коэффициентов, её симметричность.

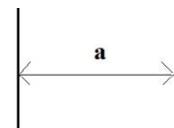
14. Диэлектрики. Связанный заряд. Вектор поляризации. Электрическое поле в диэлектрике. Вектор индукции. Диэлектрическая проницаемость.
15. Уравнения электрического поля в диэлектрике. Граничные условия.
16. Оценка диэлектрической проницаемости полярного диэлектрика (газа).
17. Локальное поле в диэлектрике (поле Лоренца). Формула Клаузиуса – Моссогти.
18. Энергия электрического поля в диэлектрике.
19. Электрический ток, дрейфовая скорость, подвижность. Объемная и поверхностная плотность тока. Электропроводность. Закон Ома.
20. Закон сохранения заряда. Уравнение непрерывности. Закон Джоуля-Ленца.
21. Уравнения постоянного тока. Граничные условия.
22. Максвелловская релаксация зарядов в среде.
23. Электродвижущая сила. Электрические цепи. Законы Кирхгофа.
24. Ток в вакууме. Закон «трёх вторых».
25. Магнитное поле. Сила Ампера. Закон Био – Савара.
26. Сила Лоренца. Движение заряда в магнитном поле. Дрейф в скрещенных полях.
27. Дивергенция магнитного поля. Вектор-потенциал. Кулоновская калибровка.
28. Поток и циркуляция магнитного поля. Дифференциальная и интегральная форма уравнений магнитостатики. Граничные условия.
29. Основное уравнение магнитостатики и его общее решение для безграничного пространства.
30. Магнитный диполь. Вектор-потенциал и магнитное поле диполя.
31. Сила и момент сил, действующие на магнитный диполь в слабонеоднородном магнитном поле.
32. Магнитное поле в среде. Молекулярные токи. Вектор намагниченности, его связь с молекулярными токами.
33. Векторы  $B$  и  $H$ . Магнитная проницаемость. Полная система уравнений для магнитного поля в среде.
34. Интегральные теоремы и граничные условия для магнитного поля при наличии сред.
35. Диа- и парамагнетики. Оценки магнитной проницаемости парамагнетика (газа).
36. Ферромагнетизм. Гистерезис. Коэрцитивная сила. Остаточное поле.
37. Электромагниты и постоянные магниты.
38. Закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной и дифференциальной формах.
39. Потенциалы электромагнитного поля. Лоренцевская калибровка.
40. Ток смещения. Полная система уравнений Максвелла.
41. Квазистационарные электромагнитные поля. Уравнение диффузии для магнитного поля. Скин-эффект.
42. Энергия магнитного поля. Индуктивность. Плотность энергии поля на примере длинного соленоида.
43. Энергия магнитного поля системы контуров с током. Коэффициенты самои взаимной индукции. Симметричность матрицы коэффициентов  $L_{ik}$ . Плотность энергии магнитного поля.
44. Силы, действующие на проводники с током. Давление магнитного поля на стенки соленоида.
45. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Поток энергии. Вектор Умова – Пойнтинга.
46. Однородная система уравнений Максвелла для свободного

электромагнитного поля. Волновое уравнение для полей  $E, H$ .

47. Плоская электромагнитная волна. Поляризация.

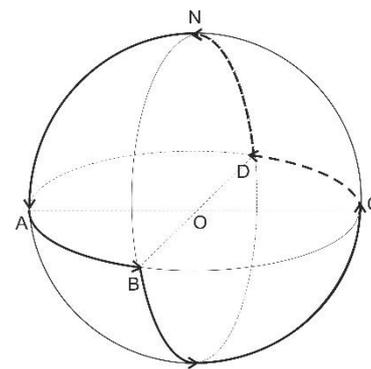
### Экзаменационная работа по электричеству и магнетизму

1. Две взаимно перпендикулярные нити расположены на расстоянии  $a$  друг от друга (см. рис.) и заряжены равномерно с линейной плотностью  $\lambda$ . Определить силу кулоновского взаимодействия между ними. (2 б.)

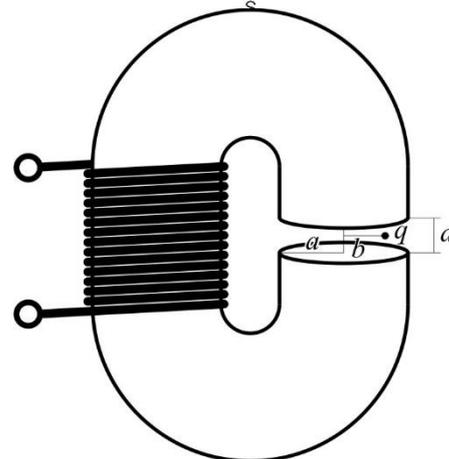


2. Ток течёт по плоскости  $z=0$ , компоненты линейной плотности в цилиндрических координатах  $i_\alpha=i_0(a/r)^2, i_r=i_z=0$ . Найти магнитное поле  $B(z)$  на оси  $z$ . (3 б.)

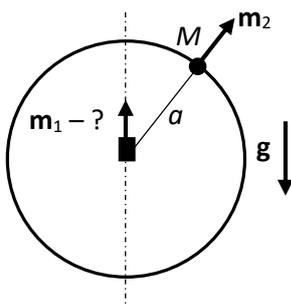
3. Замкнутый контур  $ABSCDNA$ , по которому течёт ток  $I$ , натянут на шар радиуса  $a$  (см. рис.). Найти магнитное поле в центре шара (т.  $O$ ), (2 б.) а также на больших расстояниях  $R \gg a$  (+2 б.). Описание контура: Дуга  $AB$  проходит по экватору на четверть его длины ( $90^\circ$ ). Дуга  $BS$  спускается с экватора на южный полюс. Дуга  $SC$  соединяет полюс с экватором и отстоит на  $90^\circ$  от меридиана  $BS$ . Дуга  $CD$  проходит по экватору на четверть его длины в том же направлении, что и  $AB$ , а дуга  $DN$  соединяет точку  $D$  с северным полюсом  $N$ . Дуга  $NA$  соединяет полюс с точкой  $A$  и отстоит на  $90^\circ$  от меридиана  $DN$ .



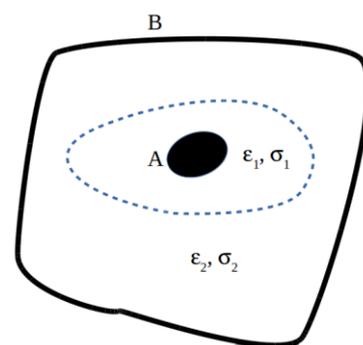
4. Электромагнит представляет собой С-образный магнитопровод ( $\mu \gg 1$ ) постоянного кругового сечения с радиусом  $a$ , на который намотан соленоид из  $N$  витков. Длина магнитопровода  $l$ , зазор между полюсами  $d \ll a \ll l$ . На расстоянии  $b < a$  от оси, соединяющей центры полюсов, находится неподвижный точечный заряд  $q$ . В соленоиде течет переменный ток  $I = I_0 \cos(\omega t)$ . Найти силу  $F(t)$ , действующую на заряд. (4 б.)



5. На тонкое кольцо радиуса  $a$ , выполненное из немагнитного материала, нанизана маленькая магнитная бусинка, которая может без трения перемещаться по кольцу. Бусинка обладает массой  $M$  и магнитным моментом  $m_2$ , который при её движении по кольцу остаётся направленным радиально. Определите магнитный момент  $m_1$  маленького магнита, который нужно закрепить в центре кольца, чтобы бусинка, находясь в любом положении на кольце, оставалась в покое. Ускорение свободного падения  $g$ . (5 б.)



6. Проводник  $A$  находится внутри замкнутой проводящей оболочки  $B$ . Прослойка такого конденсатора состоит из двух областей, разделенных границей раздела, образующей замкнутую поверхность (показана на рисунке пунктиром). Форма электродов и границы раздела произвольные. Диэлектрическая проницаемость и проводимость областей равны  $\epsilon_1, \sigma_1$  и  $\epsilon_2, \sigma_2$  соответственно. Между электродами создано постоянное напряжение, такое, что от  $A$  к  $B$  течёт постоянный ток  $I$ . Какой при этом свободный заряд  $Q$  содержится на границе раздела сред? (5 б.)



Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

## Аннотация

### к рабочей программе дисциплины «Электричество и магнетизм» Направление подготовки: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Программа дисциплины «Электричество и магнетизм» составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению **03.03.01 Прикладные математика и физика**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ) кафедрой общей физики.

Цели дисциплины – познакомить обучающихся с основными явлениями в области традиционных разделов электростатики, магнитостатики и квазистационарным процессам, а также с основными моделями и уравнениями, описывающие эти явления на базе полной системы уравнений Максвелла.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ОПК-2.</b>Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p><b>ОПК - 2.1.</b> Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики.</p> <p><b>ОПК – 2.2.</b> Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного исследования.</p> <p><b>ОПК – 2.3.</b> Применяет различные методы обработки и системы анализа экспериментальных данных.</p>	<p><b>Знать</b> основные законы электричества и магнетизма, с помощью которых описываются явления в области естественных наук, такие как поляризационные свойства веществ, включая электрические и магнитные (ЯМР), играющие огромную роль в биологии и медицине;</p> <p>основные физические законы, описывающие изучаемый круг физических явлений, традиционные разделы электродинамики, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания для решения научных и практических задач в области естественных наук, в соответствии с основными законами и уравнениями электродинамики, использовать простейшие теоретические и экспериментальные методы исследований; пользоваться законами электродинамики для анализа физической сути изучаемых явлений: принципом суперпозиции для определения полей от заданных источников; интегральными соотношениями (теорема Гаусса для потоков, теорема Стокса для</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		<p>циркуляции, интегральный закон об электромагнитной индукции) – как для вычисления полей при использовании соображений симметрии, так и для составления дифференциальных уравнений и граничных условий; законом сохранения энергии электромагнитного поля; формулировать краевую задачу и строить ее простейшие решения, позволяющие наряду с распределением полей определить недостающие источники полей.  <b>Использовать</b> методами решения задач электричества и магнетизма.</p>

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий и контрольных работ, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: домашние задания, контрольные работы, обязательные задания для самостоятельного решения;
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **6** зачетных единиц /**216** академических часов.

**Лист актуализации программы по дисциплине  
«Электричество и магнетизм»  
по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного