

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.  
Н.И. Лобачевского»**

**Физический факультет**

(факультет / институт / филиал)

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. №6

## **Рабочая программа дисциплины**

**Решение задач по электричеству и магнетизму**

(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования**

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки / специальность**

**03.03.02 Физика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**Направленность образовательной программы**

**Кристаллофизика**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Квалификация (степень)**

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

**Форма обучения**

**Очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород – 2022

### 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Решение задач по электричеству и магнетизму» относится к базовой части, является обязательным для освоения, преподается на 2 году обучения, в 3 семестре.

**Цели освоения модуля.** главной целью дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму» является создание устойчивых навыков применения законов электростатики, магнитостатики и теории цепей. Для усвоения данного курса необходимо знание основных физических законов и явлений в объеме школьного курса физики и дисциплины «Механика».

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	(УК-1) <b>Знать</b> фундаментальные понятия, законы и модели классической электродинамики. (УК-1) <b>Уметь</b> применять законы и модели электродинамики для решения профессиональных задач. (УК-1) <b>Владеть</b> навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.
ПК-2: Способен применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин, в научно-исследовательской деятельности, при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	(ПК-2) <b>Знать</b> основные физические явления и законы (ПК-2) <b>Уметь</b> применять полученные знания для решения профессиональных задач (ПК-2) <b>Владеть</b> основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований

### 3. Структура и содержание дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму»

Объем дисциплины составляет зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 32 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия семинарского типа), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 1 час – мероприятия контроля промежуточной успеваемости (зачеты и экзамены).

---

**Содержание дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму»**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
«Электричество и магнетизм»						
Введение	4	–	2		2	2
Электростатика	6	–	3		3	3
Работа сил электростатического поля	5	–	2		2	3
Энергия электрического поля	6	–	2		2	4
Электрическое поле в присутствии проводников.	6	–	3		3	3
Электрическое поле в присутствии диэлектриков.	6	–	3		3	3
Постоянный электрический ток	6	–	2		2	4
Постоянное магнитное поле	7	–	3		3	4
Магнитное поле в присутствии магнетиков.	7	–	3		3	4
Электромагнитная индукция	6	–	3		3	3
Токи в различных средах	6	–	3		3	3
Уравнения Максвелла	6	–	3		3	3
В т.ч. текущий контроль	1					
Промежуточная аттестация – зачет						

**Содержание разделов дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму»**

1. Введение. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Опыт Милликена. Закон сохранения электрического заряда.
2. Электростатика. Закон Кулона и его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса, ее представление в дифференциальной форме. Теорема Ирншоу. Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь в электрическом поле.
3. Работа сил электростатического поля. Энергия электрического поля. Потенциальность электрического поля. Потенциал. Нормировка потенциала. Связь потенциала с вектором напряженности электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Теорема о циркуляции и ее представление в дифференциальной форме. Уравнение Пуассона и математическая постановка задач электростатики. Роль граничных условий. Энергия системы электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия электрического диполя во внешнем поле.
5. Электрическое поле в присутствии проводников. Напряженность поля у поверхности и

- внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Электростатическая защита. Измерение потенциала проводника. Эквипотенциальные поверхности. Метод зеркальных изображений. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Силы, действующие на проводники в электрическом поле.
6. Электрическое поле в присутствии диэлектриков. Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Связь вектора поляризации со связанным зарядом. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля. Понятие о тензоре диэлектрической проницаемости. Теорема Остроградского- Гаусса в присутствии диэлектриков. Ее дифференциальная форма. Граничные условия для векторов поляризации напряженности и индукции электрического поля. Преломление линий поляризации, напряженности и индукции на границе двух диэлектриков. Принципиальные методы измерения напряженности и индукции электрического поля в однородном диэлектрике. Энергия диэлектрика во внешнем электрическом поле. Пондеромоторные силы в электрическом поле и методы их вычисления.
  7. Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле. Неполарные диэлектрики. Формула Клаузиуса-Моссоти. Полярные диэлектрики. Функция Ланжевена. Поляризация ионных кристаллов. Пироэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект и его применение. Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектрика. Применение сегнетоэлектриков.
  8. Стационарный электрический ток. Сила и плотность тока. Линии тока. Электрическое поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности. Условие стационарности тока. Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление. Удельная электропроводность вещества. Дифференциальная форма закона Ома. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Токи в сплошных средах. Заземление. Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.
  9. Постоянное магнитное поле. Электромагнетизм. Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био-Саварра-Лапласа и его полевая трактовка. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Векторный потенциал. Его связь с вектором индукции магнитного поля. Отсутствие в природе магнитных зарядов. Элементарный ток и его магнитный момент. Поле элементарного тока. Элементарный ток в магнитном поле. Понятие о магнитном диполь-дипольном взаимодействии. Сила Лоренца. Эффект Холла. Магнитное поле движущегося заряда. Потенциальная функция тока. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Коэффициент взаимоиנדукции.
  10. Магнитное поле в присутствии магнетиков. Понятие о молекулярных токах. Вектор намагниченности и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. понятие о тензоре магнитной проницаемости. Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля. Магнитно поле в полости в однородном магнетике. Принципиальные методы измерения напряженности и индукции магнитного поля в магнетиках.
  11. Природа диа-, ферро- и парамагнетизма. Классификация магнетиков: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Классическое описание диамагнетизма. Ларморова прецессия. Объяснение парамагнетизма по Ланжевону. Гиромагнитное отношение. Опыты Эйнштейна-де-Гааза. Опыт Барнетта. Ферромагнетики. Доменная структура. Гистерезис намагничивания. Кривая Столетова. Остаточная и коэрцитивная индукция.

- Температурная зависимость намагниченности. Точка Кюри. Силы, действующие на магнетики в магнитном поле. Магнитные материалы и их применение.
12. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме. Правило Ленца. Индукционные методы измерения магнитных полей. Токи Фуко. Магнитная энергия контура с током. Магнитная энергия совокупности контуров с током. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля. Энергия магнитного поля в веществе.
  13. Токи в различных средах. Механизм электропроводности. Проводники. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде-Ленца. Опыты Толмена и Стьюарта. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории. Закон Видемана-Франца. Трудности классической теории. Понятие о зонной теории твердых тел. Энергетические уровни и формирование энергетических зон. Принцип Паули. Статистика Ферми-Дирака. Полупроводники. Особенности зонной структуры диэлектриков, полупроводников и металлов. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. Термоэлектродвижущая сила. Термодпары. Эффект Пельтье. Явление Томсона. Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера, критическое магнитное поле. Применение сверхпроводников. Электролиты. Закон Фарадея. Токи в газах. Основные типы газового разряда. Плазменное состояние вещества. Электропроводность плазмы. Электрический ток в вакууме. Электронная эмиссия.
  14. Уравнения Максвелла. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных данных. Ток смещения. Вихревое электрическое поле. Взаимные превращения электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

#### **4. Образовательные технологии**

- 1) методика «вопросы и ответы»;
- 2) выполнение практического задания у доски;
- 3) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 4) работа в парах над практическим заданием;
- 5) работа в малых группах над практическим заданием;

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы и подготовку к зачету. Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на практических занятиях, активность в обсуждении качественных вопросов. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму» используются вопросы задачи по нижеприведенным темам.

##### **Вопросы для контроля.**

1. Вектор напряженности электрического поля.
2. Принцип суперпозиции электрических полей.
3. Поток вектора напряженности электрического поля.
4. Теорема Остроградского-Гаусса в интегральной и дифференциальной формах.
5. Работа сил электростатического поля.
6. Потенциал электрического поля.
7. Нормировка потенциала электрического поля.
8. Связь потенциала и напряженности электрического поля.
9. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.
10. Энергия системы электрических зарядов.
11. Энергия взаимодействия зарядов.

12. Собственная энергия системы зарядов.
13. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии электростатического поля.
14. Связь между зарядом и потенциалом проводника.
15. Емкость уединенного проводника.
16. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов.
17. Энергия заряженного конденсатора.
18. Силы, действующие на проводник в электрическом поле.
19. Вектор поляризации.
20. Свободные и связанные заряды.
21. Связь вектора поляризации со связанными зарядами.
22. Вектор электрической индукции.
23. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества.
24. Материальные уравнения для векторов электрического поля.
25. Электронная теория поляризации диэлектриков.
26. Неполарные диэлектрики.
27. Формула Клаузиуса-Мосотти.
28. Полярные диэлектрики.
29. Функция Ланжевена.
30. Поляризация ионных кристаллов.
31. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
32. Работа и мощность тока.
33. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
34. Сторонние силы. ЭДС.
35. Законы Кирхгофа.
36. Закон Био-Савара-Лапласа и его полевая трактовка.
37. Вектор индукции магнитного поля.
38. Действие магнитного поля на ток. Сила Ампера.
39. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах.
40. Вектор намагниченности и его связь с молекулярными токами.
41. Вектор напряженности магнитного поля.
42. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества.
43. Материальное уравнение для векторов магнитного поля.
44. Закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной и дифференциальной формах.
45. Правило Ленца.
46. Индукционные методы измерения магнитных полей.
47. Токи Фуко.
48. Магнитная энергия контура с током.
49. Магнитная энергия совокупности контуров с током.
50. Энергия магнитного поля.
51. Объемная плотность энергии магнитного поля.
52. Энергия магнитного поля в веществе.
53. Проводники.
54. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде-Ленца.
55. Опыты Толмена и Стьюарта.
56. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории.
57. Электромагнитное поле.
58. Уравнения Максвелла.
59. Ток смещения.
60. Вихревое электрическое поле.

61. Взаимные превращения электрического и магнитного полей.
62. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1) Знать фундаментальные понятия, законы и модели классической электродинамики.

(УК-1) Уметь применять законы и модели электродинамики для решения профессиональных задач.

(УК-1) Владеть навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.

ПК-2: Способен применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин, в научно-исследовательской деятельности, при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов

(ПК-2) Знать основные физические явления и законы

(ПК-2) Уметь применять полученные знания для решения профессиональных задач

(ПК-2) Владеть основами классической физики и использовать их при проведении теоретических и экспериментальных физических исследований

### **Описание шкал оценивания**

#### **Критерии оценок зачета:**

*зачтено* – успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.

*не зачтено* – невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции. (В приложении)

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания. (В приложении)

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму»**

а) основная литература:

1. Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука, 1985.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=78069&DB=1>
2. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М.: Высшая школа, 1983.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=301122>
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. М.: Наука, 1983.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66964&DB=1>
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Книга III. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс] / Стрелков С.П., Сивухин Д.В., Хайкин С.Э., Эльцин И.А., Яковлев И.А.; Под ред. И.А. Яковлева. - 5-е изд., с тер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. -  
<http://www.studentlibrary.ru/book/5-9221-0604-X.html>

5. Фаддеев М. А. - Элементарная обработка результатов эксперимента: учеб. пособие. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2004. - 120 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=467611&DB=1>

б) дополнительная литература:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М. Наука, 1989.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85757>
2. Парселл Э. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1975.  
[http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Berkeley\\_t2\\_ru.djvu](http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Berkeley_t2_ru.djvu)
3. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=259679>
4. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 6. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=38018>
5. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 7. М.: Мир, 1977.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=38019>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://phys.unn.ru/library.asp?contenttype=Library>

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Решение задач по электричеству и магнетизму»**

помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Авторы: доценты кафедры КРЭФ Зайцева Е.В., Каткова М.Р., Марычев М.О.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.В. Чупрунов

Рецензент

Зам. декана по учебной работе

О.В. Белова

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года, протокол № б/н

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ \_\_\_\_\_ / Перов А.А. /



## Приложение 1

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

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ</b> фундаментальные понятия, законы и модели классической физики.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики.	В целом успешное знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики	Успешное и систематическое знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики
<b>УМЕТЬ:</b> применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах	Сформированное умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля	Успешное и систематическое применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля