

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

**Н.А. Рудь, А.Н. Сергеев**

# **ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

*Учебное пособие*

Ярославль 2004

ББК В33 я 73

Р83

УДК 537.1

**Рудь Н.А., Сергеев А.Н.**

**Электричество и магнетизм:** Учеб. Пособие Н. А. Рудь, А. Н. Сергеев; Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2004. 206 с.

ISBN 5-8397-0168-8

В данном пособии рассмотрены базовые понятия современного курса "Базовые понятия электрических и магнитных взаимодействий", предлагаемого для инженерно-физических специальностей классических и технических университетов. Отличительной чертой пособия является наличие подробных решений важнейших типов задач и 20 вариантов подобранных задач из базовых понятий разделов курса "Базовые понятия электрических и магнитных взаимодействий" для самостоятельного решения.

Пособие предназначено для студентов физических и инженерно-физических специальностей университетов вечерней и заочной формы обучения. Оно будет полезно также и для студентов дневной формы обучения.

Ил. 99. Библиогр.: 8

**Рецензенты:** кафедра физики Ярославского государственного технического университета; В.П. Глушаков, канд. физ.-мат. наук.

ISBN 5-8397-0168-8

© Ярославский государственный университет, 2004

© Н.А. Рудь, А.Н.Сергеев, 2004

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>1. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ.....</b>	<b>7</b>
1.1. Электрическое поле.....	7
1.2. Теорема Гаусса.....	10
1.3. Теорема Гаусса в дифференциальной форме.....	12
1.4. Циркуляция вектора $E$ . Потенциал.....	14
1.5. Связь между потенциалом и вектором $E$ .....	17
1.6. Электрический диполь.....	19
<b>2. ПРОВОДНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ.....</b>	<b>22</b>
2.1. Поле в веществе.....	22
2.2. Поле внутри и снаружи проводника.....	23
2.3. Силы, действующие на поверхность проводника.....	24
2.4. Свойства замкнутой проводящей оболочки.....	26
2.5. Общая задача электростатики. Метод изображений.....	27
2.6. Емкость. Конденсаторы.....	30
<b>3. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ДИЭЛЕКТРИКЕ.....</b>	<b>33</b>
3.1. Поляризация диэлектрика.....	33
3.2. Поляризованность $P$ .....	35
3.3. Свойства поля вектора $P$ .....	36
3.4. Вектор $D$ .....	40
3.5. Условия на границе.....	42
3.6. Поле в однородном диэлектрике.....	45
<b>4. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.....</b>	<b>47</b>
4.1. Электрическая энергия системы зарядов.....	47
4.2. Энергия заряженного проводника и конденсатора.....	50
4.3. Энергия электрического поля.....	51
4.4. Система двух заряженных тел.....	53
4.5. Силы при наличии диэлектрика.....	54
<b>5. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.....</b>	<b>58</b>
5.1. Плотность тока. Уравнение непрерывности.....	58
5.2. Закон Ома для однородного проводника.....	60
5.3. Обобщенный закон Ома.....	62
5.4. Разветвление цепи. Правила Кирхгофа.....	64
5.5. Закон Джоуля - Ленца.....	67
5.6. Переходные процессы в цепи с конденсатором.....	69
<b>6. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ.....</b>	<b>72</b>
6.1. Сила Лоренца. Поле $B$ .....	72
6.2. Закон Био - Савара.....	74
6.3. Основные законы магнитного поля.....	75

6.4. Дифференциальная форма основных законов магнитного поля.....	77
6.5. Сила Ампера.....	78
6.6. Момент сил, действующих на контур с током.....	81
6.7. Работа при перемещении контура с током.....	82
<b>7. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ.....</b>	<b>85</b>
7.1. Намагничивание вещества, намагниченность $J$ .....	85
7.2. Циркуляция вектора $J$ .....	88
7.3. Вектор $H$ .....	89
7.4. Граничные условия для $B$ и $H$ .....	92
7.5. Поле в однородном магнетике.....	94
7.6. Ферромагнетизм.....	96
<b>8. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ.....</b>	<b>100</b>
8.1. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.....	100
8.2. Природа электромагнитной индукции.....	102
8.3. Явление самоиндукции.....	106
8.4. Взаимная индукция.....	108
8.5. Энергия магнитного поля.....	111
8.6. Магнитная энергия двух контуров с током.....	115
8.7. Энергия и сила в магнитном поле.....	116
<b>9. УРАВНЕНИЕ МАКСВЕЛЛА. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.....</b>	<b>119</b>
9.1. Ток смещения.....	119
9.2. Система уравнений Максвелла.....	122
9.3. Свойства уравнений Максвелла.....	125
9.4. Энергия и поток энергии. Вектор Пойнтинга.....	128
9.5. Импульс электромагнитного поля.....	129
<b>10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.....</b>	<b>132</b>
10.1. Уравнения колебательного контура.....	132
10.2. Свободные электрические колебания.....	134
10.3. Вынужденные электрические колебания.....	138
10.4. Переменный ток.....	140
<b>11. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....</b>	<b>143</b>
11.1. Электрическое поле в вакууме.....	143
11.2. Проводник в электрическом поле.....	145
11.3. Электрическое поле в диэлектрике.....	146
11.4. Энергия электрического поля.....	148
11.5. Постоянный электрический ток.....	151
11.6. Магнитное поле в вакууме.....	155
11.7. Электромагнитная индукция.....	158
11.8. Электрические колебания.....	160

<b>12. Варианты задания для самостоятельного решения .....</b>	<b>164</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>202</b>

Учебное издание

**Рудь Николай Алексеевич**  
**Сергеев Александр Николаевич**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

Редактор, корректор В.Н. Чулкова

Подписано в печать 01.12.2004. Формат 60х84/16.

Бумага тип. Усл. печ.л.7,7. Уч.-изд. л. 8.7.

Тираж 200 экз. Заказ 847.

Оригинал-макет подготовлен  
В редакционно-издательском отделе  
Ярославского государственного университета

Отпечатано  
ООО «Ремдер» ЛР ИД №06151 от 26.10.2001  
г.Ярославль, пр.Октября, 94, оф.37 тел (0852) 73-35-03