

Р. Гирке, Г. Шпрокхоф

**Эксперимент по курсу
элементарной физики**

Часть 4

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
P11

P11 **Р. Гирке**
Эксперимент по курсу элементарной физики: Часть 4 / Р. Гирке, Г. Шпрокхоф – М.: Книга по Требованию, 2013. – 262 с.

ISBN 978-5-458-32789-3

Эксперимент по курсу элементарной физики (в 6-ти частях). Часть 4. Электричество (вводный курс). Руководство Рудольфа Гирке и Георга Шпрокхофа представляет собой пособие для учителей физики по подготовке и проведению физического эксперимента. Авторы свое руководство назвали «Школьные физические эксперименты». Однако его рамки значительно шире, так как приведенный материал относится не только к курсу физики общеобразовательных школ, но и к курсу специальных школ и техникумов (школы профессионального обучения, техникумы, технические и ремесленные училища разных профилей и другие средние учебные заведения), вот почему в русском переводе руководство получило название «Эксперимент по курсу элементарной физики». В руководстве в систематическом порядке описаны эксперименты по каждому из разделов физики; это позволяет учителям школ самых различных профилей, исходя из своих учебных планов и программ, самим выбирать нужные демонстрации и лабораторные работы. Эксперимент, описанный в руководстве, во многом отвечает задачам политехнического обучения. При выборе приборов и самого эксперимента авторы исходили из следующих положений: 1. По дидактическим соображениям предпочтительнее изучать физические явления и законы, применяя простые самодельные приборы. 2. Во многих случаях следует демонстрировать учащимся не готовые установки, а собирать их из отдельных частей по ходу изложения и объяснения. 3. Там, где это возможно, следует привлекать учащихся к проведению демонстрационного эксперимента. Эксперимент, проведенный на самодельном оборудовании и в самом процессе изложения материала, более доходчив, а значит, и педагогически более целесообразен.

ISBN 978-5-458-32789-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

§ 12. Тепловое действие электрического тока	70
* 11. Нагревание проволоки при прохождении электрического тока	70
* 12. Раскаливание проволоки при прохождении электрического тока	73
13. Демонстрация действия электрозажигателя, имеющего спираль, по которой пропускается электрический ток	74
14. Нагревание раствора поваренной соли при прохождении электрического тока	75
15. Сопоставление яркости свечения проволок — прямолинейной и свернутой в спираль	75
* 16. Моделирование различных схем включения электрического тока	76
* 17. Предварительный эксперимент, знакомящий с дуговой лампой	79
18. Модель простейшей дуговой лампы	79
19. Модель «свечи Яблочкова»	82
20. Сварка в пламени электрической дуги	83
* 21. Эксперимент, моделирующий действие плавких предохранителей	84
* 22. Модели автоматических предохранителей электрической цепи	85
§ 13. Химическое действие электрического тока	90
23. Электропроводимость жидкостей	90
24. Электролиз воды, подкисленной серной кислотой	91
* 25. Получение гальваноконии юбилейной медали или другого барельефа. Гальванопластика	94
* 26. Демонстрация формовки кислотного аккумулятора	95
* 27. Определение полюса источника постоянного тока по изменению окраски раствора	96
* 28. Определение полярности источника тока при помощи полюсиндикаторной бумаги	98
 Глава III. Основные законы электрических цепей	
§ 14. Методическая записка	100
§ 15. Закон Ома	107
29. Предварительный эксперимент, знакомящий с электрическим сопротивлением	107
* 30. Изготовление и исследование условных эталонов сопротивления (УЭС)	107
* 31. Исследование закона Ома при помощи доски сопротивлений	109
* 32. Исследование закона Ома при помощи ламп накаливания	113
* 33. Исследование закона Ома при помощи нагревательной спирали	115
* 34. Определение сопротивления как величины, измеряемой отношением напряжения к величине тока	118
* 35. Исследование закона Ома для участков последовательно соединенной цепи	120

* 36. Исследование закона Ома на жидкостных сопротивлениях	121
§ 16. Законы сопротивления проводников. Зависимость сопротивления от температуры	123
* 37. Зависимость сопротивления проводника от его длины при постоянной площади поперечного сечения	123
* 38. Зависимость сопротивления проводника от площади поперечного сечения при постоянной длине	125
* 39. Зависимость сопротивления проводника от материала	128
* 40. Исследование закона сопротивления проводников различного поперечного сечения при постоянной величине тока	129
* 41. Зависимость сопротивления проводника от его температуры	134
42. Зависимость сопротивления угольного стержня от температуры	135
43. Зависимость сопротивления стекла от температуры	136
§ 17. Измерение сопротивления проводников	138
* 44. Определение сопротивления константановой, манганиновой и железной проволок методом замены	138
45. Определение сопротивления электрической плитки, лампочки накаливания и константановой проволоки методом амперметра-вольтметра	140
* 46. Предварительный эксперимент, знакомящий с мостиком Уитстона	143
* 47. Определение сопротивления проводника на мостике Уитстона	144
* 48. Определение сопротивления при помощи омметра и технического мостика сопротивлений	147
§ 18. Работа и мощность электрического тока	150
* 49. Зависимость мощности электрического тока от напряжения и величины тока	150
* 50. Мощность и сопротивление нагревателя, погружаемого в жидкость	153
* 51. Мощность тока и работа. Эксперимент на модели электрического двигателя	156
§ 19. Неразветвленная электрическая цепь	157
* 52. Величина тока в неразветвленной электрической цепи	157
* 53. Электродвижущая сила и напряжение источников тока при последовательном включении потребителей	158
* 54. Падение напряжения на участках однородной цепи	160
* 55. Распределение напряжений при последовательном включении потребителей электрического тока	161
* 56. Распределение напряжений при последовательном включении лампочек накаливания	163

§ 20. Разветвленная электрическая цепь	164
* 57. Параллельное включение потребителей	164
* 58. Распределение тока в разветвленной электрической цепи	165
* 59. Распределение тока в разветвленной цепи (используются лампы накаливания одинаковой и различной мощности)	168
* 60. Модель электрической проводки в жилой комнате	168
* 61. Увеличение цены деления шкалы амперметра	171
* 62. Увеличение цены деления шкалы вольтметра	172
* 63. Влияние внутреннего сопротивления амперметра на результаты измерений	173
* 64. Влияние величины внутреннего сопротивления вольтметра на результаты измерений	174
* 65. Уменьшение напряжения на зажимах источника тока при включении нагрузки	175
* 66. Делитель напряжения	176

Г л а в а IV. Электромагнетизм

§ 21. Методическая записка	179
§ 22. Свойства постоянных магнитов	184
67. Силовое воздействие постоянного магнита на различные вещества	184
68. Демонстрация магнитного действия магнитного железняка	185
69. Демонстрация взаимодействия между постоянным магнитом и железом	185
* 70. Намагничивание стального стержня	186
* 71. Исследование силового действия отдельных участков постоянного магнита при помощи железных опилок	187
* 72. Исследование силового действия отдельных участков полосового магнита при помощи железных гвоздей различной величины	188
* 73. Определение полюсов полосового магнита	188
74. Потеря внешнего силового действия магнита при накладывании его полюсов друг на друга	189
75. Определение направления магнитного меридиана при помощи плавающего лезвия	191
76. Определение направления магнитного меридиана при помощи магнитной стрелки	191
* 77. Изготовление простейших магнитных стрелок	192
* 78. Взаимодействие полюсов магнита	194
79. Эксперимент, демонстрирующий взаимодействие полюсов магнита	196
80. Магнитная «прозрачность» различных веществ.	198
§ 23. Постоянное магнитное поле. Магнитная индукция	199
* 81. Демонстрация магнитного спектра постоянного магнита при помощи железных опилок	199
* 82. Изготовление постоянного препарата магнитного спектра при помощи парафинированной или фотографической бумаги	200

83.	Демонстрация магнитной индукции	201
84.	Деление намагниченного стержня на части	202
85.	Моделирование процесса намагничивания	203
86.	Ослабление магнитных свойств магнита при нагревании	203
87.	Намагничивание стального стержня в магнитном поле Земли. Явление индукции	204
* 88.	Магнитный и географический меридианы. Определение величины склонения в данной точке Земли (деклинация)	205
89.	Определение магнитного наклона в поле Земли (инклинация)	207
§ 24.	Магнитное действие и магнитное поле постоянного (прямого) тока	207
90.	Отклонение магнитной стрелки в магнитном поле прямого проводника, по которому проходит постоянный ток. Опыт Эрстеда	207
91.	Магнитное поле вокруг одного прямолинейного проводника с током	209
92.	Магнитное поле прямого проводника, состоящего из нескольких жил	211
93.	Определение направления силовых линий магнитного поля прямолинейного проводника с током. Эксперимент с магнитной стрелкой	213
94.	Определение направления силовых линий магнитного поля прямолинейного проводника. Эксперимент с плавающей намагниченной спицей	214
* 95.	Отклонение магнитной стрелки в петле из проводника	216
* 96.	Походный компас как самодельный гальваноскоп	217
* 97.	Самодельный вертикальный гальваноскоп	218
* 98.	Магнитное поле витков с током	219
99.	Магнитное поле витка, состоящего из параллельных жил	220
100.	Магнитное поле соленоида из медной проволоки	222
101.	Магнитное поле двух соленоидов с токами, направленными навстречу	223
102.	Объемность магнитного поля катушки с уплотненными витками	224
§ 25.	Силовое взаимодействие магнитных полей двух параллельно расположенных проводников	226
103.	Взаимное притягивание или взаимное отталкивание двух прямолинейных проводников, расположенных параллельно	226
104.	Магнитное поле двух прямолинейных проводников, расположенных параллельно	227
105.	Магнитное поле между параллельными участками проводников	229
106.	Взаимодействие двух соленоидов с встречными токами в них	231
107.	Взаимодействие магнитного поля постоянного магнита с полем тока в подвижном проводнике. Обвинение магнитного стержня проводником, по которому идет ток	232

§ 26. Электромагниты	233
108. Втягивание железного сердечника в соленоид.	233
109. Модель амперметра электромагнитной системы	234
110. Действие соленоида на магнитную стрелку	235
111. Электромагнит	236
112. Магнитное поле электромагнита с П-образным сердечником	237
113. Горшкообразный электромагнит. Модель электро- магнитного крана	239
114. Демонстрация явления остаточного магнетизма	239
§ 27. Техническое применение электромагнитов	240
* 115. Электрический звонок. Молоточек Вагнера	240
* 116. Модель аппарата Морзе	241
* 117. Модель откидного телефонного клапана-блинкера	242
* 118. Модель микрофона	243
* 119. Модель электромагнитного реле, включающего осветительную сеть	245
* 120. Модель электроизмерительных приборов магнито- электрической системы	246
121. Взаимодействие двух железных стержней в поле соленоида	247
122. Предварительный эксперимент, знакомящий с принципом действия измерительных приборов электромагнитной системы	247
* 123. Модель электроизмерительного прибора магнито- электрической системы	248
§ 28. Электродвигатели постоянного тока	250
124. Поведение проводника с током в магнитном поле	250
125. Предварительный эксперимент, знакомящий с действием электродвигателя постоянного тока.	253
* 126. Модели серийного и шунтового электродвигате- лей постоянного тока	254
* 127. Изменение направления вращения ротора элект- родвигателя постоянного тока	256



ОТ РЕДАКТОРОВ ПЕРЕВОДА

Четвертая часть¹ руководства посвящена методике и технике демонстрационного и лабораторного эксперимента по вводу разделу учения об электричестве.

В книге четыре главы:

Глава 1. Оборудование и указания к проведению экспериментов по электричеству.

Глава 2. Основные понятия и основные признаки электрического тока.

Глава 3. Основные законы электрических цепей.

Глава 4. Электромагнетизм.

Эта часть руководства, вышедшая в 1959 году, написана коллективом учителей и методистов Германской Демократической Республики. Ее авторы: Вольфганг Брунштейн, Йозеф Фишер, д-р Отто Йеахим, Макс Либшер, Вольфганг Мантэй, Ганс Рейхельт, Генрих Паукер, д-р Эрнст Шнейдер, Георг Шпрокхоф и Курт Вебер. В книге сохранены методические взгляды Рудольфа Гирке и использовано его наследие.

В настоящем издании руководству придано название «Эксперимент по курсу элементарной физики», хотя в подлиннике оно названо «Школьные физические эксперименты». Это изменение объясняется тем, что рамки руководства значительно шире названия, данного немецкими авторами, его материал относится не только к курсу физики общеобразовательных школ, но и к курсу специальных школ (школы профессионального обучения, техникумы, технические и ремесленные училища разных профилей и другие учебные заведения).

В основу руководства положено широкое применение простейших самодельных приборов, доступных любой школе.

¹ Четвертая часть соответствует шестому выпуску немецкого издания. Часть 1 «Механика твердого тела» (вып. 1 и 2), часть 2 «Жидкости и газы» (вып. 3, 4 и 5) и часть 6 «Геометрическая оптика» (вып. 7) вышли в русском переводе в издательстве Учпедгиз в 1959—1960 гг. По мере выхода соответствующих выпусков в Германской Демократической Республике предполагается перевод и издание части 3 «Теплота», части 5 «Электричество» (основной курс) и части 7 «Волновые процессы» и «Атомная физика», — *Ред.*

Особенностью построения этой части является новое расположение материала в курсе «Электричество» по сравнению с принятым в общеобразовательных школах РСФСР.

Вводная часть учения об электричестве в школах Германской Демократической Республики начинается не с электростатики, а с учения об электрическом токе. Раздел «Электростатика» соединяется с тем разделом учения об электричестве, в котором рассматривается электрическое поле, а этот раздел выходит за рамки вводной части, изучаемой на первой ступени обучения.

Вряд ли в настоящем предисловии уместно говорить о целесообразности или нецелесообразности подобного построения курса, тем более, что этот вопрос дискутируется более тридцати лет. Мы не склонны вносить изменений в построение руководства и поэтому в русском издании посчитали возможным следовать за авторами. Более того, последовательность демонстраций и проведения лабораторных работ вовсе не диктуется расположением материала в данном руководстве и учителя могут выбрать соответствующие учебным планам эксперименты из числа тех, которые описаны в настоящем издании по всем разделам элементарного курса физики.

В книге дано описание 127 экспериментов.

Автор перевода стремился сохранить текст подлинника, однако описание некоторых экспериментов пришлось несколько переработать, приспособляя его либо к оборудованию, выпускаемому нашей промышленностью, либо уточняя места, изложенные слишком схематично. Принципиальные расхождения оговорены.

Пришлось также пересмотреть терминологию авторов, опустить ссылки на те или иные классы школ Германской Демократической Республики и заменить ряд обозначений физических величин принятыми в советской школе.

В руководстве, как и во всей научной литературе Германской Демократической Республики и ряда других стран, для обозначения единиц механической силы используются наименования: понд (n), килопонд ($кп$) и мегапонд ($мпн$), заменяющие прежние наименования грамм-сила (G), килограмм-сила ($кГ$) и тонна-сила (T). Введение нового наименования для единицы силы, принятое и в настоящем издании, устраняет путаницу в единицах силы и массы.

Кроме того, нами сохранена применяемая авторами единица давления — торр для обозначения давления в 1 мм рт. ст., а для единицы силы света — кандела (от лат. *candela* — свеча) вместо «Новая свеча 1948 года».

Большинство оригинальных экспериментов было осуществлено автором перевода на базе физических кабинетов 125 и 149 школ г. Ленинграда.

Проф. П. А. Знаменский
Проф. П. А. Рымкевич

ВВЕДЕНИЕ

Эта часть руководства охватывает эксперименты по курсу электричества, который изучают на первой ступени в общеобразовательных школах и специальных учебных заведениях, и поэтому она ограничена экспериментами, относящимися только к этой ступени. Однако в некоторых параграфах, содержание которых одинаково относится как к учебному плану младших, так и старших классов, например в параграфах, рассматривающих закон Ома, измерение сопротивления проводников, разветвленную цепь и другие, невозможно было ограничиваться экспериментами, относящимися только к младшим классам, не нарушая целостности рассматриваемого вопроса. Исходя из принятого систематического построения всего руководства, авторы считали правильным привести в одном параграфе все эксперименты, относящиеся к данному вопросу. Авторы надеются, что такое построение руководства отвечает интересам преподавателей и они будут приветствовать предоставленную возможность ознакомиться со всеми доступными экспериментами и увидеть, какое развитие в старших классах получают эксперименты, проводимые в младших классах. Такой предварительный обзор необходим для понимания общего процесса преподавания. Это ни в какой мере не указывает на необходимость расширения учебного плана. Однако мы не видим большой беды в том, если сами учащиеся младших классов будут проводить те или иные эксперименты, используя настоящее руководство.

При построении руководства авторы сочли возможным начинать введение в учение об электричестве с изучения электрического тока. Эту мысль впервые высказал Р. В. Поль в своей книге «Введение в учение об электричестве», которая вышла в 1927 году. В задачу настоящего руководства не входит высказывание «за» или «против» этого методического новшества. Хочется лишь отметить, что в настоящее время, как и 30 лет назад, одной из актуальных проблем является: найти путь, подводящий учащихся к пониманию основ учения об электричестве с наименьшей затратой времени за счет сокращения

менее значительных разделов. К таким разделам, на наш взгляд, относится, например, электростатика. Электростатика не исключается из курса элементарной физики, но изучение этого раздела значительно ограничивается и весь материал переносится на старшую ступень обучения в раздел «Электрическое поле», а последнее дается очень упрощенно.

Такое сокращение материала освобождает время для изучения более важных тем, как например переменный ток, электрические колебания и волны, физика атома.

При новом порядке построения курса электричества, предложенном Р. Полем, появилась необходимость обеспечить его соответствующими приборами. Ранее, при изучении электростатики, большое место в опытах занимали: электрофорная машина, электрофор и лейденские банки. Вместо электрофорной машины уже входит статитрон (ленточный электростатический генератор Ван-де-Граафа. — А.Л.). Видимо, недалеко то время, когда и он будет вытеснен приспособленным к школьным условиям высоковольтным трансформатором, соединенным с высоковольтным выпрямителем.

Основными приборами и приспособлениями при изучении курса электричества являются приборы по изучению тока. В этой области школы достаточно хорошо обеспечены удобными приборами и приспособлениями, а также сборными электрическими конструкциями. Как показывает само название — «Электрические конструкции», — это готовые детали, из которых можно собрать большинство установок. Этот принцип входит в практику преподавания физики, особенно за последние 30 лет.

Авторы руководства уже много лет в своей работе применяют электрические конструкции. Возможно поэтому в описании экспериментов, приводимых в настоящем руководстве, в основу положено использование сборных электрических конструкций. Рекомендовать их удобно, потому что большинство школ уже имеют подобное оборудование. Эксперименты могут быть проведены и на ином оборудовании и прежде всего на аналогичных самодельных приспособлениях, что оговорено в соответствующих местах текста.

В этой части руководства первая глава отведена описанию оборудования и приспособлений, необходимых при проведении опытов по электричеству.

Необходимо сделать еще несколько общих замечаний:

1. Каждой главе предшествует методическая записка, в которой высказываются общие замечания по методике проведения экспериментов. Ссылка на соответствующую методическую записку делается знаком «М. З.» с указанием порядкового номера параграфа, под которым она помещена в книге, например «М. З., § 12, п. 1» означает: «Методическая записка, § 12, пункт 1».

2. Описание любого эксперимента представляет собой законченное целое. Ссылки на эксперимент даются в сокращенном виде. Например, «Э — 24» означает: «Эксперимент 24». Если ссылка дается на эксперимент, помещенный в другой части руководства, то

перед ссылкой на эксперимент цифрой указывается номер части, например «2, Э—17» означает: «Часть 2, эксперимент 17».

3. Перед описанием каждого эксперимента дается перечень необходимого оборудования, приборов и материалов. Для всех экспериментов указывается источник питания и требуемое напряжение.

4. В чертежах, описаниях приборов и оборудования и экспериментах все линейные размеры приведены в миллиметрах, и только в тех случаях, когда расстояние превышает 1000 мм, оно дается в метрах.

5. Ряд экспериментов сопровождается примечаниями, относящимися к технике их проведения.

—————