

Э. Роджерс

Физика для любознательных

**Том 3. Электричество и магнетизм. Атомы и
ядра (2-е изд.)**

**Москва
«Книга по Требованию»**

Э1 **Э. Роджерс**
Физика для любознательных: Том 3. Электричество и магнетизм. Атомы и ядра (2-е изд.) / Э. Роджерс – М.: Книга по Требованию, 2024. – 666 с.

ISBN 978-5-458-34855-3

Как хозяин в доме, вы должны знать об электричестве больше, нежели просто уметь сменить пробки. Необходимо понимать зависимость между током, напряжением и мощностью, преимущества и недостатки переменного тока. Первая глава этого тома рассказывает об электричестве в домашнем хозяйстве. Если вы интересуетесь атомной физикой, то должны иметь представление об электричестве и магнетизме, чтобы понять, как получают сведения об атомах. Последующие главы дадут вам такое представление. Если вы склонны к обобщениям и вас интересует построение теории, то обратитесь к главе о магнетизме, где вы найдете хороший пример развития теоретических идей. Стремясь усвоить знания, которые дает вам чтение этого тома, не упускайте из виду предостережений о пределах этих знаний. Настоящий ученый полностью сознает существование таких пределов. Он должен знать, «чего он не знает», ибо значительная часть труда ученого лежит на рубеже между известным и неизвестным. «Знание гордится тем, что так много узнало; Мудрость стыдится того, что не узнала больше».

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.

Эрик Роджерс

ФИЗИКА
ДЛЯ
ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

ТОМ 3

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.
АТОМЫ И ЯДРА

ИЗДАНИЕ 2-е, ИСПРАВЛЕННОЕ

Перевод с восьмого американского издания

Под редакцией
проф. В. Ф. КИСЕЛЕВА

Общая редакция
академика
Л. А. АРЦИМОВИЧА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

МОСКВА 1973

Перевод с английского
И. В. ВИХАНСКОГО, Г. И. МЕРЗОНА,
Г. Я. КОРЕНМАНА

Редакция литературы по физике

Эрик Роджерс

ФИЗИКА ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Том 3

Редактор *Т. К. Бреус* Художник *Г. А. Щетинин*
Художественный редактор *П. Ф. Некунда* Технический редактор *М. П. Грибова*

Подписано к печати с матриц 16/XI 1972 г.
Бумага № 2 60×84¹/₈ = 20,75 бум. л. 38,72 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 38,57.
Изд. № 2/6715. Цена 2 р. 02 к. Заказ № 3367.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
Москва, 1-й Рижский пер., 2

Ордена Трудового Красного Знамени Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-54, Валовая, 28

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Как хозяин в доме, вы должны знать об электричестве больше, нежели просто уметь сменить пробки. Необходимо понимать зависимость между током, напряжением и мощностью, преимущества и недостатки переменного тока. Первая глава этого тома рассказывает об электричестве в домашнем хозяйстве.

Если вы интересуетесь атомной физикой, то должны иметь представление об электричестве и магнетизме, чтобы понять, как получают сведения об атомах. Последующие главы дадут вам такое представление.

Если вы склонны к обобщениям и вас интересует построение *теории*, то обратитесь к главе о магнетизме, где вы найдете хороший пример развития теоретических идей.

Стремясь усвоить знания, которые дает вам чтение этого тома, не упускайте из виду предостережений о пределах этих знаний. Настоящий ученый полностью сознает существование таких пределов. Он должен знать, «чего он не знает», ибо значительная часть труда ученого лежит на рубеже между известным и неизвестным.

«Знание гордится тем, что так много узнало;
Мудрость стыдится того, что не узнала больше».

Уильям Купер (~1760 г.)

ГЛАВА 32 • ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ. ЛАБОРАТОРНЫЕ ОПЫТЫ

...чтобы узнать вещь, нужно ее сделать; ибо хотя вы думаете, что знаете ее, в этом не может быть уверенности, пока вы не попытаетесь ее сделать.

Софокл

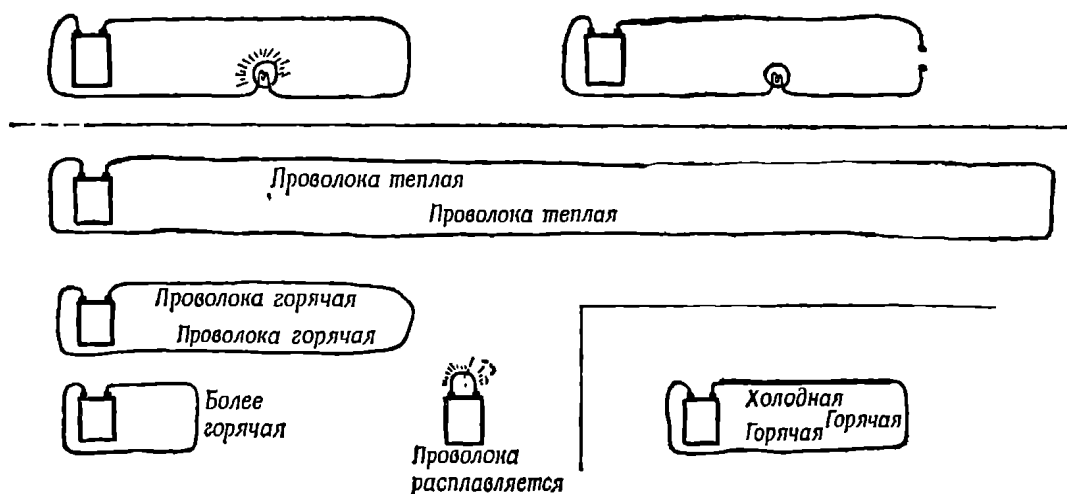
Эта глава посвящена лабораторным опытам. *Прочтите их описание, не рассчитывая ни на какие лекции, и проделайте предложенные опыты.* Если у вас ничего не получится, то посмотрите демонстрации этих опытов. Тогда, прочтя эту главу и опираясь на свои общие познания, вы сможете хорошо понять, что такое электрические цепи.

Первые сведения об электричестве, появившиеся много столетий тому назад, относились к электрическим «зарядам», полученным посредством трения. Электрические цепи, подводящие ток к осветительным лампочкам и электромоторам, появились лишь после изобретения батарей, которое датируется примерно 1800 годом. Потом развитие учения об электричестве пошло так быстро, что менее чем за столетие оно стало не просто частью физики, но легло в основу новой электрической цивилизации.

В этом курсе мы не будем следовать истории, а займемся изучением электричества посредством лабораторных опытов, которые проводятся с помощью современной аппаратуры. При этом будут использоваться общие сведения об электрических цепях, которые вы почерпнули, живя в мире автомобилей и электрического освещения.

Вот некоторые *опытные факты* об «электрических цепях», используемых для освещения домов, в системе электроосвещения автомобиля, в электрических звонках и т. д. Прежде всего необходим какой-то источник — батарея, генератор или провода, идущие от электростанции. Чтобы заставить лампочку гореть (или мотор вращаться), нужно протянуть от источника

к лампочке и от лампочки обратно к источнику металлическую проволоку. Внутри лампочки находится тонкая металлическая нить накала; таким образом, на всем протяжении от источника к лампочке и обратно идет металлическая проволока того или иного рода. Если эту проволоку разорвать, лампочка погаснет. Выключатель — это просто приспособление, позволяющее производить такой разрыв. То же самое происходит, когда расплавляется проволочка в пробке. Эта непрерывная металлическая трасса для тока называется электрической цепью. Если исключить из цепи



Фиг. 1. Электрические цепи.

лампочку и составить цепь из длинного куска тонкой проволоки, то вся проволока нагреется; на всем ее протяжении происходит нечто такое, что приводит к нагреванию проволоки ¹⁾. Если часть проволоки тонкая, а часть толстая, толстая проволока нагревается значительно меньше тонкой; лампочка в цепи, о которой шла речь вначале, представляет собой предельный случай цепи, состоящей из проволоки разной толщины. Если сократить длину проволоки, то она нагреется до более высокой температуры. Когда цепь состоит из очень короткого куска проволоки, проволока может нагреться до температуры, при которой она расплавится или вызовет воспламенение окружающих предметов. В этом случае говорят о «коротком замыкании», имея в виду любую электрическую цепь, настолько короткую, т. е. обладаю-

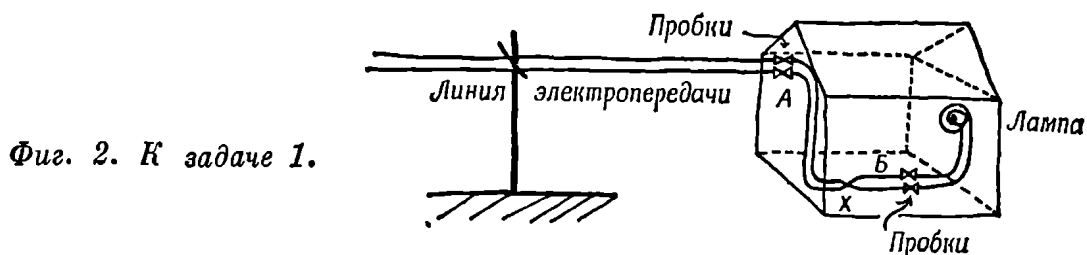
¹⁾ Мы тем самым распространили нагрев нити накала лампочки на всю цепь.

щую таким малым сопротивлением, что возникает опасность повреждения цепи.

Чтобы избежать опасностей, связанных с коротким замыканием, проволоку изолируют, защищают неметаллическим покрытием, например резиной, вощеной бумагой, тканью ¹⁾.

Задача 1. Короткое замыкание

Предположим, что провода, идущие от какого-либо источника к осветительной лампочке и обратно, как показано на фиг. 2, случайно касаются друга, и в точке X имеется хороший контакт между металлическими частями обоих проводов.



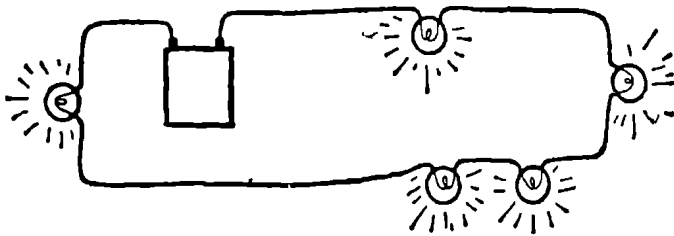
Фиг. 2. К задаче 1.

- а) Какие участки цепи должны нагреться больше всего?
- б) Показанные на фигуре предохранители содержат проволочки из легкоплавкого металла. Если предохранители расплавятся, то какие: А или Б?

Рассматривая вновь цепь с лампочкой, мы обнаружим, что, если поместить лампочку в какую-нибудь другую точку цепи, она по-прежнему будет гореть. Если включить в цепь «последовательно» несколько лампочек, то все они будут гореть одинаково, но значительно менее ярко, чем одна лампочка. По-видимому, на всем протяжении цепи в ней что-то происходит: в цепи поддерживается некое состояние готовности заставить лампочку гореть. Специальные опыты с нитями накала электрических лампочек показывают, что лампочка светит просто в результате подвода тепла к нити: если бы мы смогли нагреть нить до такой же температуры при

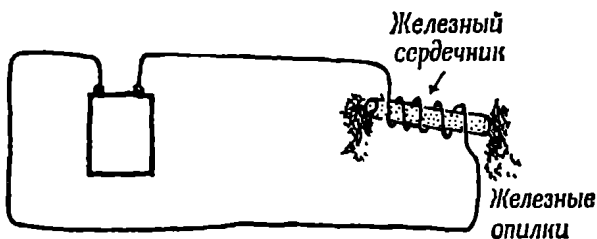
¹⁾ Теперь изоляционное покрытие наносят на проволоку в виде обмотки, оплетки, слоя лака или пластика с помощью машин-автоматов. В те времена, когда электрические схемы только появились, массового производства изолированной проволоки не было. Голую проволоку, которую применяли на фермах и предприятиях, приходилось изолировать вручную с помощью нитки или полосок ткани. Профессору Джозефу Генри, проводившему столетие назад в Принстоне опыты над устройствами — предшественниками радио, потребовалось изготовить обмотки для большого электромагнита. Чтобы изолировать проволоку, он разорвал на полоски шелковую юбку своей жены и обмотал ими проволоку.

помощи бунзеновской горелки, она светилась бы так же ярко. Таким образом, рассматриваемое нами специфическое «электрическое свойство» цепи заключается, по-видимому, в том, что в любом месте цепи может выделяться тепло ¹⁾.



Фиг. 3. Все лампочки светят одинаково ярко.

Посмотрим, обладает ли цепь другими «электрическими свойствами». Не разрывая проволоки, сверните ее в спираль, как это сделали Эрстед и Ампер столетие тому назад. Вы увидите, что проволока, свернутая в спираль, намагничивает железный стержень: будучи введен внутрь спирали, стержень притягивает железные опилки. Если взять две такие спирали, каждая из которых включена в свою электрическую цепь, то можно намагнитить два стержня и наблюдать сильное взаимное притяжение или отталкивание между ними. Сами по себе спирали, без железных сердечников, лишь слабо притягивают или отталкивают друг друга.



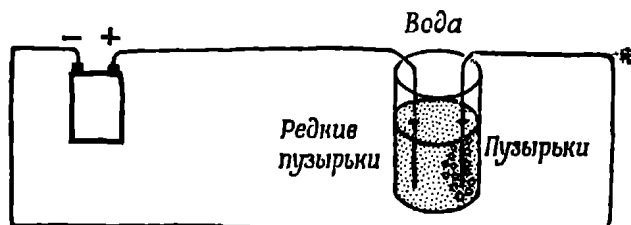
Фиг. 4. Электромагнит.

Взаимное притяжение и отталкивание электромагнитов лежит в основе работы электрических двигателей, звонков, телефонов и некоторых типов измерителей тока (амперметров). Отметим опять-таки, что спираль может находиться в цепи в любом месте, лишь бы цепь оставалась замкнутой. Таким образом, цепь обладает еще одним «электрическим свойством» ²⁾ — оно проявляется в магнитном действии цепи.

¹⁾ Заметьте, что мы уже назвали это электрическим свойством, а если появилась необходимость присвоить ему специальное наименование, значит, речь идет о свойстве, достаточно важном.

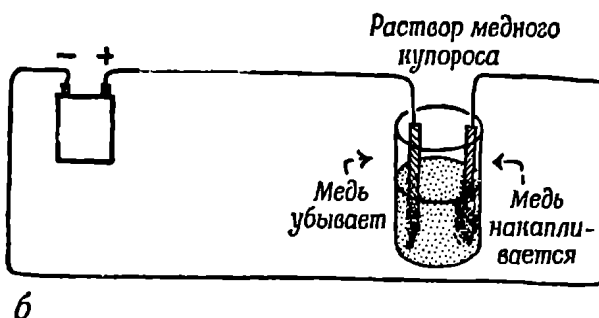
²⁾ Мы присваиваем этому свойству тот же самый эпитет «электрический», поскольку оно всегда проявляется наряду с тепловым эффектом. Мы приходим к выводу, что оба свойства представляют собой различные аспекты одного и того же явления — смелое предположение, оказавшееся удачным.

Обладает ли электрическая цепь еще каким-нибудь свойством? Оказывается, да, но электрический эффект третьего вида, связанный с этим свойством, проявляется не столь заметно. Поэтому удивительно, что он был открыт одновременно с другими эффектами 150 лет тому назад, в бурный период великих открытий и изобретений в области электричества. Перережьте в каком-нибудь месте проволоку, из которой образована электрическая цепь, и погрузите оба конца проволоки в стакан с сырой водой ¹⁾: вы



Фиг. 5. Химическое действие электрического тока.

а — вода; б — раствор медного купороса.



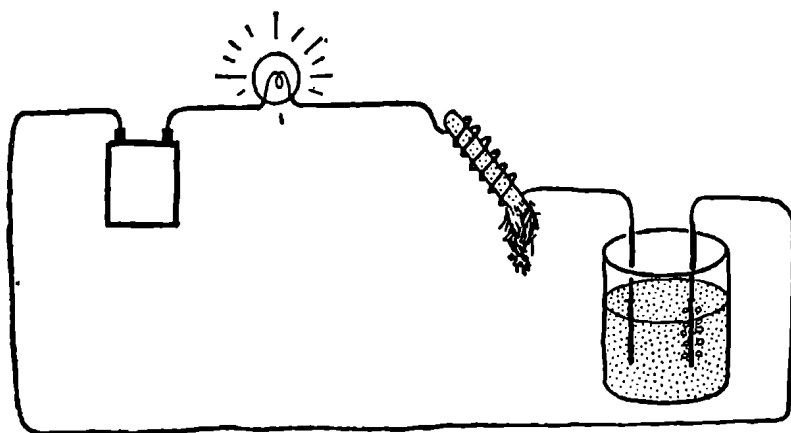
заметите появление маленьких пузырьков газа. Добавьте к воде поваренной соли или уксуса, и вы сможете наблюдать значительно более ощутимый эффект: от одной или от обеих погруженных в раствор проволок поднимаются пузырьки газа, в растворе происходят химические превращения. Растворите в воде несколько кристаллов медного купороса и погрузите в голубой раствор концы медной проволоки: одна проволока будет становиться все тоньше и тоньше, а другая — покрываться все более толстым слоем меди. Происходит так называемое «электролитическое осаждение» меди. В этом случае мы говорим о «химическом эффекте».

Электрический ток

Все три эффекта могут наблюдаться в одной и той же цепи одновременно. Они имеют место даже внутри батареи или генера-

¹⁾ В дистиллированной воде эффект получается очень слабый, поскольку дистиллированная вода — почти изолятор.

тора, указывая на нечто, происходящее на всем протяжении цепи, на всех ее участках (фиг. 6). Эта особенность электрической цепи навела первых экспериментаторов на мысль о сходстве происходящего в цепи процесса с течением жидкости по замкнутому трубопроводу. Они представляли себе, что по цепи течет некая таинственная субстанция, электричество. Название, которое они присвоили этому течению, «электрический ток», оказалось исключительно удачным, и мы сохранили его. Если бы на самом деле в цепи ничего не протекало, то слово «ток», возможно, мешало бы ясному пониманию явлений. Теперь мы знаем, что ток действитель-



Фиг. 6. В цепи можно наблюдать все три вида действий электрического тока.

но существует,— обычно это ток отрицательных электронов,— поэтому мы сохранили этот заимствованный из гидравлики термин для нашего лексикона. До сих пор мы не представили никаких доказательств реального существования такого тока и тем не менее стали пользоваться в нашем курсе этим термином, стремясь сразу же познакомить вас с представлением об электрическом токе.

В элементарных курсах электричества мы и сегодня уподобляем электрические цепи гидравлическим замкнутым системам из водопроводных труб, заполненных на всем протяжении водой, с насосами, кранами, расходомерами ¹⁾, манометрами..., которые

¹⁾ На фиг. 7 показан расходомер простой конструкции, предназначенный для измерения расхода жидкости, скажем, в л/мин. Вода течет вверх по вертикальной суживающейся книзу трубе мимо стеклянного или металлического шарика *B*, диаметр которого немного меньше диаметра самой узкой части трубы. Поток воды уносит шарик вверх по трубе до места, в котором он остается неподвижным. Достигнутая шариком высота характеризует величину расхода. Чем больше скорость течения воды, тем выше должен подняться шарик, прежде чем зазор между ним и стенками трубы не окажется достаточно большим, чтобы вода могла течь мимо шарика, не проталкивая его еще выше. Модель такого расходомера интересно посмотреть, это даст