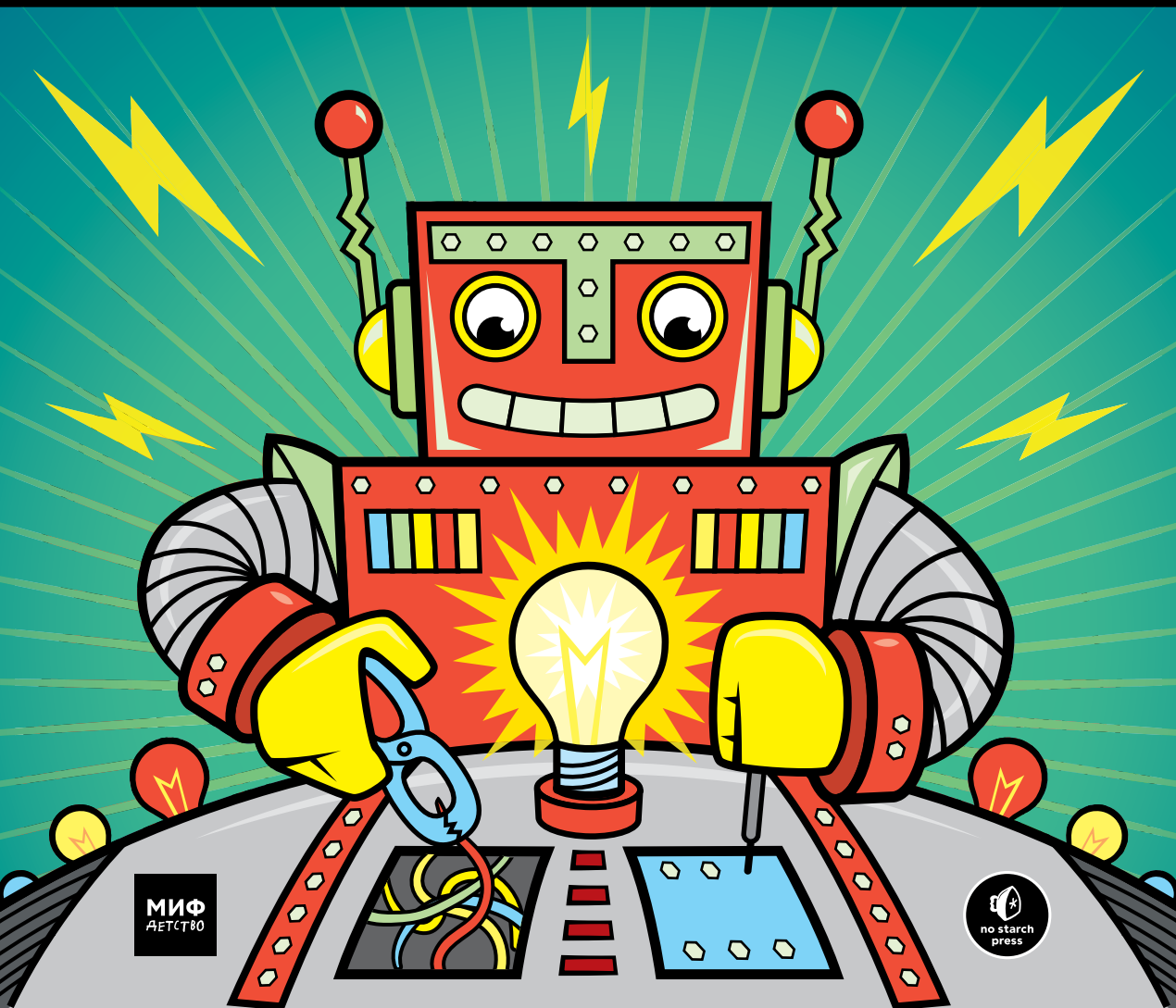


ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ

СОБИРАЕМ ПРОСТЫЕ СХЕМЫ,
ЭКСПЕРИМЕНТИРУЕМ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

ЭЙВИНД НИДАЛ ДАЛЬ



МИФ
АРТСТЪО



Øyvind Nydal Dahl

Electronics for Kids

Play with Simple Circuits
and Experiment with Electricity!



**no starch
press**

2016

Эйвинд Нидал Даль

Электроника для детей

Собираем простые схемы,
экспериментируем с электричеством

Перевод с английского

Москва
«Манн, Иванов и Фербер»
2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	15
ВВЕДЕНИЕ	17
Об этой книге	18
Для кого эта книга	18
Как читать эту книгу	18
Что вы найдете в этой книге	19
Ваша электронная лаборатория	20
Запас необходимых материалов и инструментов	21
Безопасность прежде всего!	22

Часть I

ЗНАКОМСТВО С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

1. ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	25
Проект № 1. Включите свет!	26
Список необходимых материалов	26
Шаг 1. Осмотр лампочки	26
Шаг 2. Подключение лампочки к батарейке	26
Как электричество заставляет лампочку гореть	27
Что такое электрон	27
Напряжение заставляет электроны двигаться	28
Электрический ток	28
Сопrotивление уменьшает силу тока	29
Зажигаем лампочку	29

В чем электрическая цепь подобна системе труб	30
Знакомьтесь: выключатель	31
Проект № 2. Охранная сигнализация	32
Список необходимых материалов	32
Инструменты	33
Шаг 1. Проверка зуммера	34
Шаг 2. Подготовка фольги	34
Шаг 3. Закрепление фольги на двери	34
Шаг 4. Подготовка контактного провода	35
Шаг 5. Соединение зуммера с контактным проводом	35
Шаг 6. Установка зуммера и контактного провода	36
Шаг 7. Подключение источника питания	36
Шаг 8. Проверка сигнализации	37
Шаг 9. Если сигнализация не работает	37
2. ПРИВЕДЕНИЕ ПРЕДМЕТОВ В ДВИЖЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНИТОВ	39
Как действуют магниты	40
Знакомьтесь: электромагнит	41
Проект № 3. Создаем свой электромагнит	42
Список необходимых материалов	43
Инструменты	44
Шаг 1. Проверка болта	44
Шаг 2. Удаление изоляции с одного конца обмоточного провода	45
Шаг 3. Намотка провода	46
Шаг 4. Соединение обмотки с минусом батарейки	46
Шаг 5. Подключение выключателя	46
Шаг 6. Проверка электромагнита	48
Шаг 7. Если электромагнит не работает	48
Знакомьтесь: электромотор	49
Проект № 4. Создание электромотора	50
Список необходимых материалов	51
Инструменты	52
Шаг 1. Создание ротора	52
Шаг 2. Создание основания мотора	53
Шаг 3. Установка магнитов	54
Шаг 4. Нанесение изоляции на часть ротора	55
Шаг 5. Запуск мотора	56
Шаг 6. Если мотор не работает	57

3. КАК ВЫРАБАТЫВАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	59
Производство электроэнергии с помощью магнитов	60
Изменение магнитного поля порождает электричество	60
Как работает генератор	60
Знакомьтесь: мультиметр	62
Как измерять напряжение	62
Что такое переменный ток и постоянный ток	63
Проект № 5. Создание «трясогенератора»	64
Список необходимых материалов	64
Инструменты	65
Шаг 1. Подготовка трубки	66
Шаг 2. Намотка катушки	66
Шаг 3. Подключение мультиметра	67
Шаг 4. Трясем!	67
Шаг 5. Если напряжения нет	68
Как работают батарейки	70
Как устроен гальванический элемент	70
Химическая суть гальванического элемента	71
От чего зависит напряжение гальванического элемента	71
Проект № 6. Получение света от лимонов	72
Знакомьтесь: светодиод	72
Список необходимых материалов	73
Инструменты	73
Шаг 1. Подготовка проводов	74
Шаг 2. Вставляем электроды в лимон	74
Шаг 3. Создание батареи из лимонных элементов	75
Шаг 4. Последовательное соединение лимонных элементов	76
Шаг 5. Проверка лимонной батареи	78
Шаг 6. Если лимонная батарея не работает	78

Часть II СОЗДАНИЕ СХЕМ

4. ПОЛУЧЕНИЕ СВЕТА С ПОМОЩЬЮ СВЕТОДИОДОВ	83
Знакомьтесь: резистор	84
Цветовая кодировка резисторов	84
Из чего сделаны резисторы	86
Резисторы управляют током и напряжением	86
Закон Ома	87

Проект № 7. Сжигаем светодиод!	87
Список необходимых материалов	88
Шаг 1. Определяем выводы светодиода	88
Шаг 2. Сжигаем светодиод!	89
Шаг 3. Если со светодиодом ничего не произошло	89
Как правильно использовать светодиоды	89
Защита светодиода резистором	90
Расчет нужного сопротивления	90
Проект № 8. Питание светодиода	91
Список необходимых материалов	91
Шаг 1. Соединение светодиода с резистором.	92
Шаг 2. Подключение к разъему для батареек	92
Шаг 3. Да будет свет!	93
Шаг 4. Если светодиод не горит	93
Сборка схем на макетной плате	93
Как соединять компоненты и провода	94
Провода для работы с макетной платой	95
Проект № 9. Ваша первая схема на макетной плате	96
Список необходимых материалов	96
Шаг 1. Установка резистора	97
Шаг 2. Установка светодиода	97
Шаг 3. Подключение разъема батареек	98
Шаг 4. Если светодиод не горит	98
5. ПЕРВАЯ МИГАЛКА	101
Знакомьтесь: конденсатор	102
Как работает конденсатор	102
Полярные и неполярные конденсаторы	103
Значения емкости конденсаторов	103
Проект № 10. Испытайте конденсатор	104
Список необходимых материалов	104
Шаг 1. Исходная схема со светодиодом	105
Шаг 2. Добавляем конденсатор	105
Шаг 3. Заряжаем конденсатор	106
Шаг 4. Питаем светодиод от конденсатора	106
Шаг 5. Если схема не работает	106
Принципиальные схемы и условные обозначения	106
Знакомьтесь: реле	107
Использование реле для создания эффекта мигания света	109
Замедление мигания	110

Проект № 11. Мигалка	111
Список необходимых материалов	111
Шаг 1. Назначение выводов реле	112
Шаг 2. Создание быстродействующего релейного переключателя ...	113
Шаг 3. Заставляем реле дольше оставаться замкнутым	114
Шаг 4. Заставляем реле дольше оставаться разомкнутым	115
Шаг 5. Добавление светодиода и резистора	116
Шаг 6. Если светодиод не мигает	117
6. БУДЕМ ПАЯТЬ!	119
Процесс пайки	120
Техника безопасности при работе с паяльником	121
Нагрев паяльника	122
Очистка жала паяльника	122
Лужение жала паяльника	123
Нагрев выводов и контактной площадки	123
Добавляем припой	123
Убираем паяльник	124
Проверка качества соединений	124
Проект № 12. Спаяйте вашу первую схему со светодиодом	125
Список необходимых материалов	125
Инструменты	126
Шаг 1. Размещение компонентов	127
Шаг 2. Отгибание ножек компонентов	127
Шаг 3. Нагрев паяльника и очистка его жала	127
Шаг 4. Пайка светодиода и резистора	128
Шаг 5. Откусывание ножек	129
Шаг 6. Пайка проводов разъема для подключения батарейки	130
Шаг 7. Да будет свет!	130
Шаг 8. Если схема, которую вы спаяли, не работает	131
Как удалить припаянный компонент	131
Проект № 13. Выпаиваем разъем для батарейки	132
Список необходимых материалов	132
Инструменты	132
Шаг 1. Нагреваем паяльник	133
Шаг 2. Прикладываем оплетку для выпайки к соединению	133
Шаг 3. Нагреваем расплавленное соединение и оплетку для выпайки	134
Шаг 4. Отрезаем конец оплетки для выпайки	134
Шаг 5. Выпаиваем другой провод разъема	135

7. УПРАВЛЕНИЕ ВЕЩАМИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА	137
Знакомьтесь: транзистор	138
Зачем нужен транзистор	139
Как работает транзистор	140
Управление светодиодом с помощью транзистора	140
Проект № 14. Создание датчика прикосновения	142
Список необходимых материалов	143
Инструменты	144
Шаг 1. Установка компонентов на плату	145
Шаг 2. Проверка размещения компонентов	145
Шаг 3. Пайка компонентов и откусывание ножек	145
Шаг 4. Создание контактной площадки	146
Шаг 5. Подключение питания	146
Шаг 6. Проверка датчика	147
Шаг 7. Если датчик не работает	147
Резисторы, сопротивление которых может изменяться	148
Познакомьтесь с потенциометром	149
Познакомьтесь с фоторезистором	149
Деление напряжения с помощью резисторов	150
Делитель напряжения	150
Расчет выходного напряжения делителя	151
Как делитель напряжения помогает измерять свет	151
Проект № 15. Солнечный будильник	152
Список необходимых материалов	153
Инструменты	154
Шаг 1. Установка компонентов на плату	155
Шаг 2. Пайка компонентов и откусывание ножек	155
Шаг 3. Подключение зуммера	156
Шаг 4. Выполнение остальных соединений	156
Шаг 5. Присоединение разъема для батареек	158
Шаг 6. Настройка включения зуммера	158
Шаг 7. Если зуммер не работает	158
8. СОЗДАНИЕ МУЗЫКАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА	161
Знакомьтесь: интегральная микросхема	162
Микросхемы и техническое описание	163
Как заставить электричество звучать	163
Звуки, которые люди способны слышать	164
Знакомьтесь: таймер	164
Питание ИС	165
Как задать частоту колебаний таймера 555	166

Проект № 16. Получение звука с помощью таймера 555	168
Список необходимых материалов	169
Шаг 1. Установка таймера на макетную плату	170
Шаг 2. Задаем частоту	170
Шаг 3. Подключение динамика и разделительного конденсатора	171
Шаг 4. Подключение источника питания	173
Шаг 5. Включение звука	173
Шаг 6. Если звука нет	174
Превращение неприятного гудка в музыку	175
Проект № 17. Электромзыкальный инструмент	175
Список необходимых материалов	176
Шаг 1. Подключение таймера и конденсаторов	178
Шаг 2. Подключение переключателей	178
Шаг 3. Подключение регулятора тона и резистора	179
Шаг 4. Добавление кнопки включения звука	180
Шаг 5. Подключение динамика	180
Шаг 6. Музыка, играй!	181
Шаг 7. Если электромзыкальный инструмент не работает	182

Часть III ЦИФРОВОЙ МИР

9. КАК СХЕМЫ ПОНИМАЮТ ЕДИНИЦЫ И НУЛИ	187
Единицы и нули как уровни напряжения	188
Знакомьтесь: двоичная система счисления	188
Проект № 18. Преобразование двоичного числа в десятичное	189
Инструменты	189
Шаг 1. Запись числа на бумаге	190
Шаг 2. Запись значений позиций	190
Шаг 3. Определение значения каждой цифры	190
Шаг 4. Суммирование чисел	191
Биты и байты	192
Числа могут выражать все что угодно	192
Проект № 19. Игра «Угадай цвет»	193
Познакомьтесь с RGB-светодиодом	194
Список необходимых материалов	194
Шаг 1. Установка кнопок задания цвета	195
Шаг 2. Подключение RGB-светодиода	196

Шаг 3. Подключение кнопки показа цвета	197
Шаг 4. Проверка цветов	198
Шаг 5. Если схема не работает	199
Создание слов с помощью двоичных чисел	199
Проект № 20. Машина для секретных сообщений	200
Познакомьтесь с DIP-переключателем	202
Список необходимых материалов	202
Шаг 1. Подключение кнопки	203
Шаг 2. Подключение DIP-переключателя	204
Шаг 3. Подключение светодиодов	205
Шаг 4. Отправка секретного сообщения	207
Шаг 5. Если схема не работает	208
10. СХЕМЫ, КОТОРЫЕ ДЕЛАЮТ ВЫБОР	211
Всего лишь логика	212
Знакомьтесь: логические вентили	213
Вентили И проверяют истинность обоих входов	213
Вентили ИЛИ проверяют истинность хотя бы одного из входов	214
Вентиль НЕ инвертирует входной сигнал	214
Вентиль И с четырьмя входами	215
Как изображать логические схемы	216
Логическое уравнение для секретного кода	216
Преобразование логического уравнения в электрическую схему ...	216
Использование логических вентилях на практике	217
Проект № 21. Детектор секретного кода	219
Список необходимых материалов	221
Инструменты	222
Как использовать другое напряжение питания для схем на макетной плате	222
Шаг 1. Установка переключателей и резисторов	224
Шаг 2. Установка микросхем	224
Шаг 3. Установка транзистора и светодиода	225
Шаг 4. Построение логической схемы	226
Шаг 5. Завершение подключения транзистора	228
Шаг 6. Подача питания и проверка схемы	229
Шаг 7. Если светодиод не загорается	231
Вентили с инвертированной логикой	231
Вентиль И-НЕ выявляет состояние ложь на одном из входов	231
Вентиль ИЛИ-НЕ выявляет состояние ложь на двух входах одновременно	232

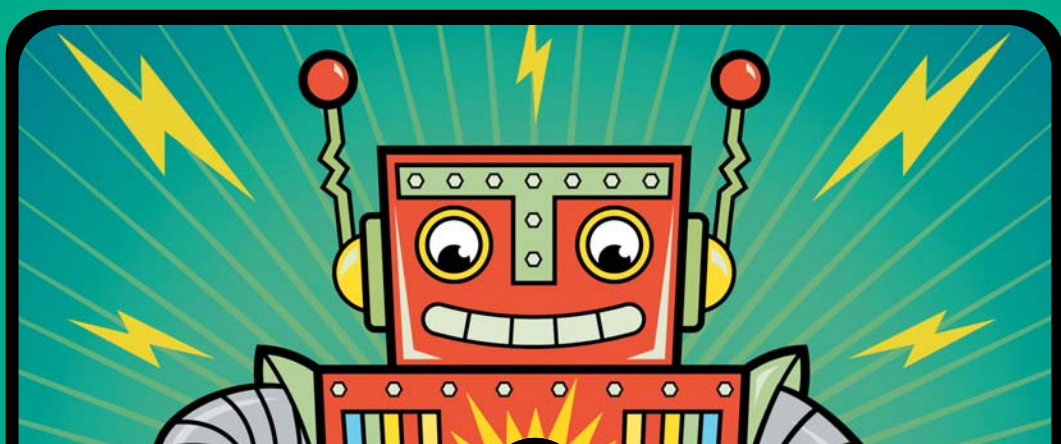
11. СХЕМЫ, ЗАПОМИНАЮЩИЕ ИНФОРМАЦИЮ	235
Запоминание битов по одному	236
Улучшенная схема памяти	237
Память, которая изменяется только по сигналу	237
Выход, который переключается сам	240
Проект № 22. Электронная игра «Орел или решка»	241
Список необходимых материалов	242
Шаг 1. Сборка схемы генератора	243
Шаг 2. Подключение кнопки старта	244
Шаг 3. Создание переключающей схемы	245
Шаг 4. Установка светодиодов «орел и решка»	246
Шаг 5. «Бросаем монетку»	247
Шаг 6. Если схема не работает	248
12. ДАВАЙТЕ СОЗДАДИМ ИГРУ!	251
Знакомьтесь: микросхемы для игры на быстроту реакции	252
Обозначения V_{CC} и GND	253
Таймер 555 для задания темпа игры	253
Счетчик для включения светодиодов	255
Триггер для запуска и остановки бега огонька	257
Проект № 23. Игра на быстроту реакции	258
Список необходимых материалов	260
Инструменты	261
Шаг 1. Построение схемы с таймером	261
Шаг 2. Построение схемы управления светодиодами	263
Шаг 3. Построение схемы пуска и остановки	266
Шаг 4. Тренировка на развитие быстроты реакции	268
Шаг 5. Если схема не работает	268
Добавьте к игре звонок	270
ПОЛЕЗНЫЕ РЕСУРСЫ	273
Компоненты и единицы измерения.	
Справочные таблицы	274
Цветовые коды резисторов	274
Коды конденсаторов	275
Стандартные префиксы	276
Закон Ома	276
Простейшая схема делителя напряжения	277

Интернет-магазины электронных компонентов и материалов	278
Обучающие онлайн-ресурсы	278
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	279
ОБ АВТОРЕ	284
О ТЕХНИЧЕСКОМ КОНСУЛЬТАНТЕ	284
БЛАГОДАРНОСТИ	285

The background is a teal color with a pattern of small, light-colored dots. Scattered throughout are several stylized lightbulbs and lightning bolts. The lightbulbs are in various colors: yellow, red, and blue. The lightning bolts are yellow. The text is centered in the middle of the page.

ЧАСТЬ I

Знакомство с электричеством



1

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Нажмите кнопку проигрывателя, и из динамиков сразу польется звук. Нажмите кнопку на пульте телевизора, и через несколько секунд на экране появится картинка. Эти чудеса происходят благодаря волшебству электричества — вида энергии, который приводит в действие всю технику у вас в доме. Когда вы прочтете эту книгу до конца, вы станете знатоком электроники и сможете применять полученные знания для создания любых устройств, какие только сможете себе представить.

Цель этой книги — дать вам понимание того, что такое электричество и как использовать его для создания удивительных вещей. В этой главе мы рассмотрим, как работает электричество, после чего вы построите полноценное электронное устройство — охранную сигнализацию, которая будет предупреждать вас о том, что в комнату пытается проникнуть кто-то посторонний. Набив руку в использовании электричества, вы сможете создавать самые разные вещи, например музыкальные инструменты или веселые игры для развлечения с друзьями. Фактически вы создадите все это по ходу чтения этой книги.

ПРОЕКТ № 1. ВКЛЮЧИТЕ СВЕТ!

Когда вы щелкаете выключателем в комнате, то сразу же загораются лампы. Давайте посмотрим, как электричество заставляет их светиться, начав с простого опыта.

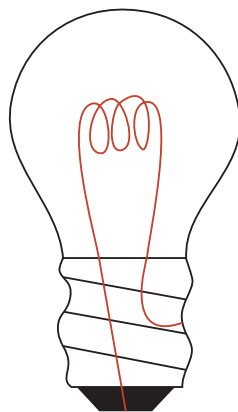
Список необходимых материалов

Для этого проекта вам понадобятся:

- Стандартная батарейка 9 В («Крона»).
- Миниатюрная лампа накаливания на 9 или 12 В.

Шаг 1. Осмотр лампочки

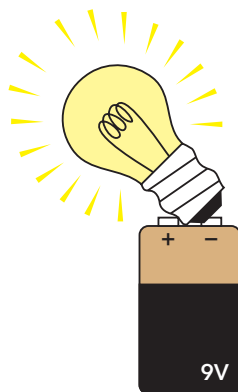
Внимательно осмотрите лампочку. Внутри вы увидите нить накаливания — тонкую металлическую проволочку. Один ее конец соединен с боковой (винтовой) поверхностью цоколя лампочки, а другой — с металлическим контактом в основании этого цоколя (его называют центральным контактом).



Шаг 2. Подключение лампочки к батарейке

Поставьте батарейку на стол и аккуратно приложите к ней лампочку так, чтобы ее центральный контакт касался одного вывода батарейки, а боковая поверхность цоколя — другого ее вывода. Как только оба касания произойдут, лампочка загорится.

Поздравляем: вы только что получили свет с помощью электричества! Лампочка загорелась



потому, что, когда вы приложили ее к выводам батарейки, по нити внутри лампочки побежали электроны. Из-за этого нить нагрелась и начала светиться, излучая свет.

КАК ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЗАСТАВЛЯЕТ ЛАМПОЧКУ ГОРЕТЬ

Но *каким образом* электричество заставляет нить лампочки нагреваться и почему лампочка загорается мгновенно? Здесь действует сочетание четырех понятий. Это:

- Электроны
- Ток
- Напряжение
- Сопротивление

Все перечисленные основные понятия электричества связаны друг с другом, и мы изучим их в этом разделе книги.

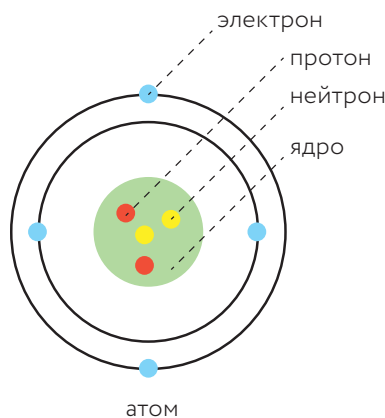
Что такое электрон

Все, что нас окружает, состоит из *атомов* — частиц настолько малых, что разглядеть их можно только с помощью особого типа микроскопа. Но сами атомы состоят из еще меньших частиц — *протонов, нейтронов и электронов*.

Протоны и нейтроны образуют *ядро* атома (его центр), а электроны вращаются вокруг этого ядра, как планеты вокруг Солнца. Протоны и электроны несут *электрические заряды*, протоны имеют положительный заряд, а электроны — отрицательный.

Именно поэтому электроны удерживаются в атоме: положительный и отрицательный заряды притягивают друг друга подобно разноименным полюсам магнитов.

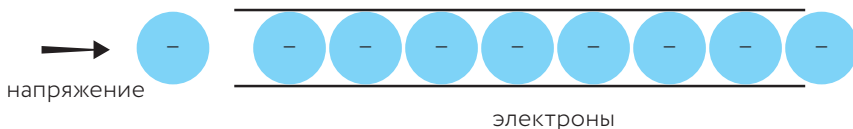
Некоторые вещества обладают *проводимостью*: если воздействовать на них энергией (например, запасенной в батарейке), то электроны в них начинают перемещаться от атома к атому!



Напряжение заставляет электроны двигаться

Присоединив к лампочке батарейку, вы подали на нить лампочки *напряжение*. Это напряжение, измеряемое в *вольтах* (В или V), толкает электроны в одном направлении, заставляет их двигаться по нити. Чем оно выше, тем больше электронов будет передвигаться по нити.

Представьте себе нить в виде трубы, целиком заполненной шариками. Если с одного конца трубы втолкнуть шарик, с ее противоположного конца тут же без всякой задержки выпадет другой шарик.

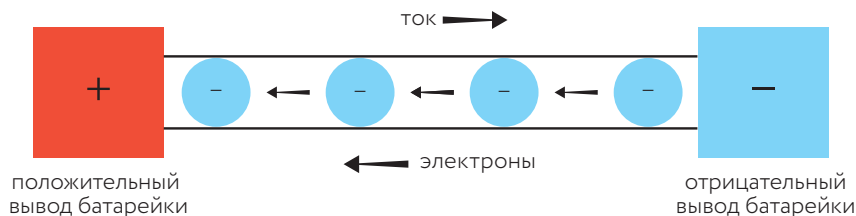


Чем больше шариков вы будете заталкивать в один конец трубы, тем больше их будет выпадать из другого. Именно так ведут себя электроны в нити накаливания лампочки, когда на нее подается напряжение.

Электрический ток

Электрический ток — это течение потока электронов по нити лампочки. Вы могли слышать слово *течение* применительно к реке: «У этой реки сильное течение». Это значит, что по реке протекает много воды.

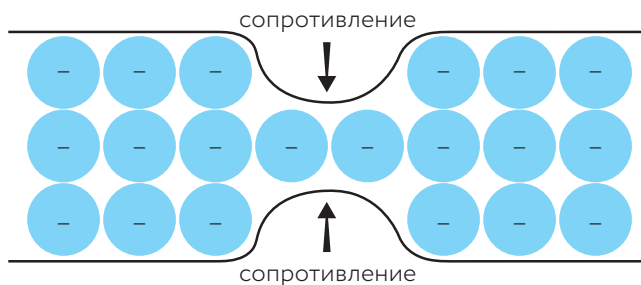
Электрический ток подобен этому течению: если говорят «сильный ток», это значит, что по проволоке протекает много электронов. Сила тока измеряется в *амперах* (А). При увеличении напряжения в цепи увеличивается и сила тока. Как вода течет по склону под действием силы тяготения, так ток течет от положительного вывода батарейки (+) к отрицательному (-). При этом сами электроны движутся в противоположном направлении — от отрицательного вывода к положительному*. Однако применительно к току всегда говорят, что он течет от плюса к минусу.



* Электроны — отрицательно заряженные частицы, но в некоторых веществах ток могут переносить частицы с положительным зарядом. Поэтому на атомном уровне частицы могут двигаться в обоих направлениях.

Сопротивление уменьшает силу тока

Напряжение заставляет электроны двигаться и тем самым создавать электрический ток, а сопротивление препятствует этому току. Это подобно игре с садовым шлангом: если сжать его, сопротивление потоку воды увеличится и поток ослабнет, т. е. воды станет протекать меньше. Но если открыть кран еще больше, увеличится давление (это будет подобно повышению напряжения), и поток воды увеличится, даже если шланг останется сжатым в той же степени. Сопротивление в электричестве действует подобно сжатию шланга, а измеряется оно в *омах* (Ом или Ω).



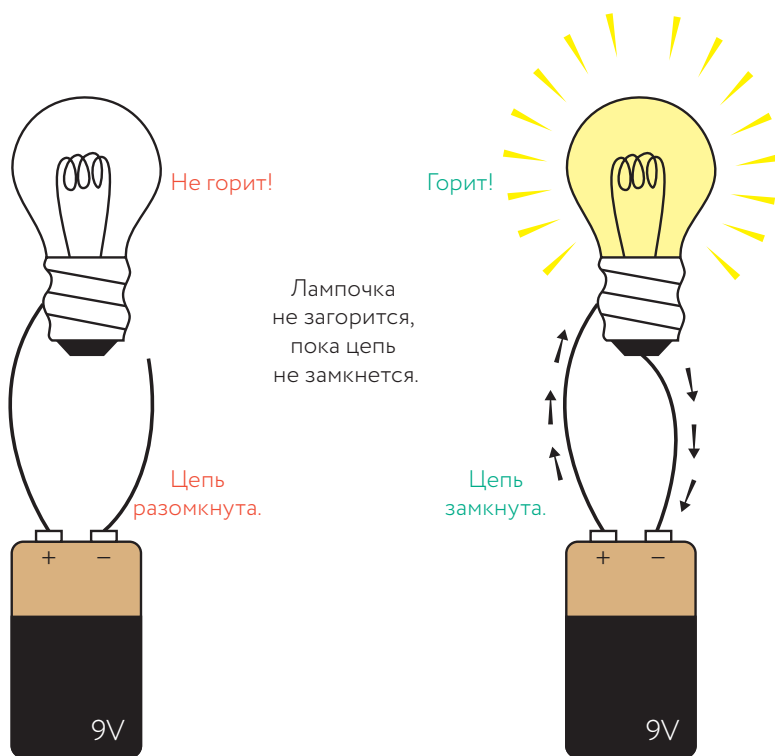
Теперь, когда вы знаете, что такое электроны, ток, напряжение и сопротивление, я объясню вам, как они действуют вместе, заставляя светиться лампочку.

Зажигаем лампочку

Концы нити накаливания лампочки соединены с деталями ее цоколя: один — с боковой поверхностью его корпуса, другой — с центральным контактом. Когда вы присоединяете лампочку к батарейке, вы создаете то, что называется *электрической цепью*. Цепь — это путь, по которому ток может течь от плюса батарейки к минусу.

Создаваемое батарейкой напряжение заставляет электроны двигаться по цепи, частью которой является нить накаливания лампочки. Нить обладает сопротивлением, ограничивающим силу тока в цепи. Когда электроны преодолевают сопротивление нити, она становится такой горячей, что начинает светиться, т. е. испускать свет. Чтобы батарейка могла заставить электроны двигаться, цепь между ее выводами не должна иметь разрывов, т. е. должна быть *замкнутой*.

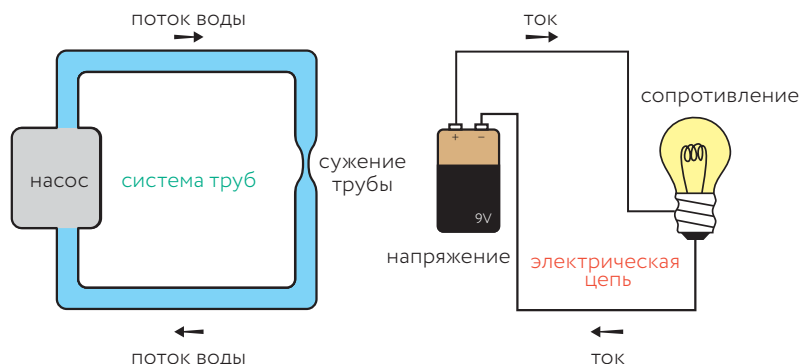
Чтобы электричество могло работать, всегда необходимы *замкнутые цепи*. Достаточно разомкнуть цепь — создать в ней хоть один разрыв в каком-либо месте, и лампочка сразу погаснет! Давайте рассмотрим электрические цепи более подробно.



В ЧЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ПОДОБНА СИСТЕМЕ ТРУБ

Давайте продолжим рассматривать электричество, сравнивая его с течением воды в трубах. Представьте себе систему труб в виде замкнутой петли с насосом, которая целиком заполнена водой. В одном месте эта система имеет сужение.

Насос играет роль батарейки, которая питает цепь энергией. Сужение в трубе уменьшает поток воды. Так же действует сопротивление в электрической цепи.



Теперь вообразите, что вы можете ввести в эту систему труб некое измерительное устройство, которое позволит определять количество воды, протекающей через него за одну секунду. Обратите внимание, что здесь я говорю лишь о том, сколько воды протекает через одно случайно выбранное место в трубе, а не об общем количестве воды в трубах. Точно так же мы будем говорить о силе тока в цепи: сила тока — это количество электронов, протекающих через определенную точку цепи в секунду.

ЗНАКОМЬТЕСЬ: ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

Оглядевшись в комнате, вы, вероятно, увидите выключатели в разных местах. Вы пользуетесь ими каждый раз, когда зажигаете или гасите свет. Когда свет в комнате горит, выключатель составляет часть замкнутой цепи, раз по лампе проходит ток. Но что происходит, когда выключатель размыкают? Происходит то же самое, что при разъединении провода в цепи: ток через лампу прерывается, и лампа гаснет, так же как в разомкнутой цепи, показанной выше.

Какие еще выключатели вы можете найти вокруг себя? Тот, который включает и выключает компьютер; тот, который включает дверной звонок; тот, который сигнализирует о том, что не закрыта дверца холодильника, и другие.

Выключатели управляют электричеством, и это очень простые устройства. Они соединяют два провода, чтобы замкнуть цепь, и разъединяют их, чтобы разомкнуть ее.

Когда выключатель разомкнут, свет не горит, а когда замкнут — горит. Это очень просто, но очень полезно. Даже зная лишь это, можно создавать неплохие схемы, чем мы и собираемся заняться.

