

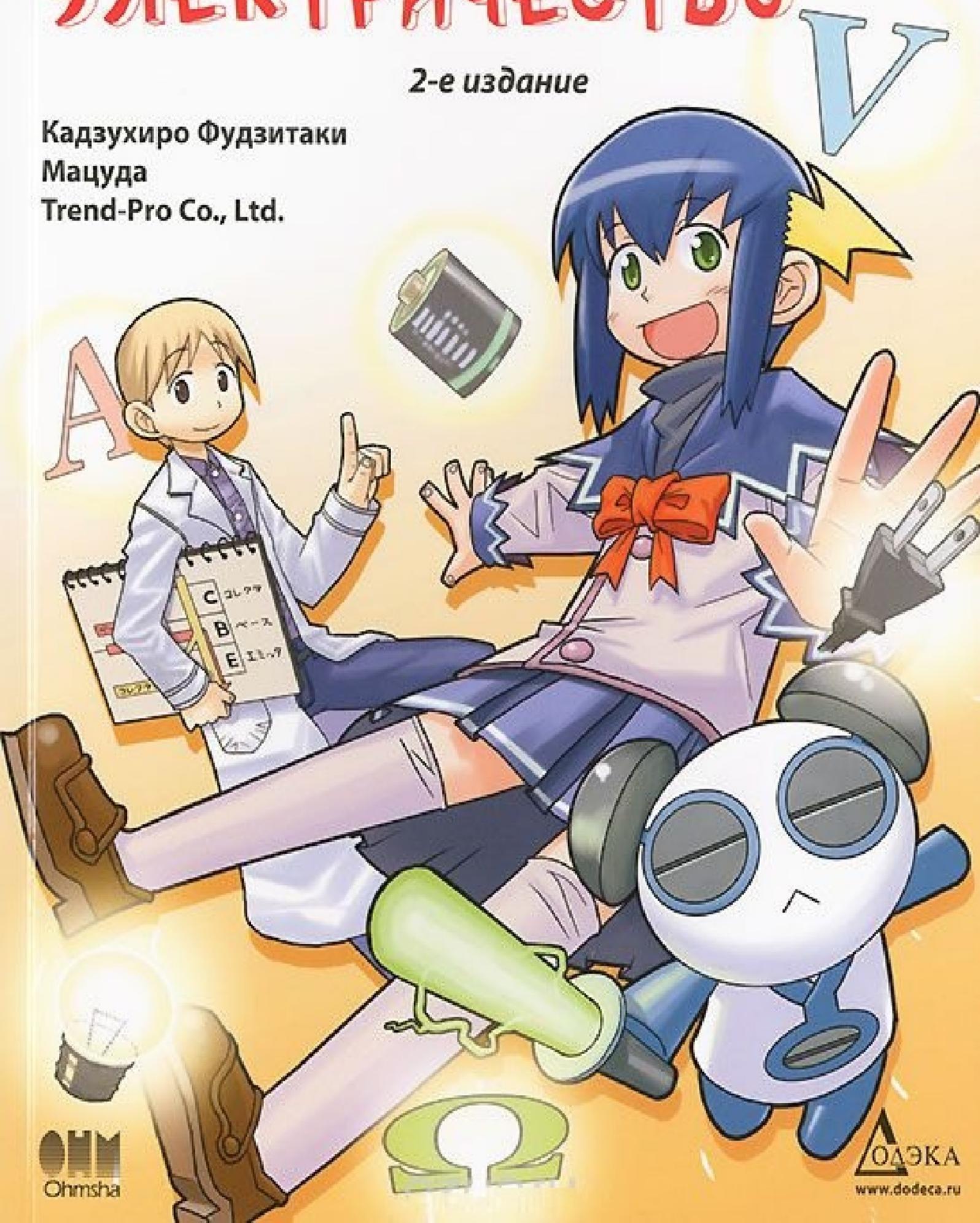
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

МАНТА

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

2-е издание

Кадзухиро Фудзитаки
Мацуда
Trend-Pro Co., Ltd.



Занимательная физика

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Манга

マンガでわかる

電気

藤瀧 和弘 / 著

マツダ / 作画

トレンド・プロ / 制作



ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Кадзухиро Фудзитаки

2-е издание



DMK
издательство

ОДЭКА

Москва
Додэка, ДМК Пресс, 2014

УДК 621.38
ББК 32.85я9
Ф94

Фудзитаки, Кадзухирос.

Ф94 Занимательная физика. Электричество. Манга / Кадзухирос Фудзитаки (автор), Мацуда (худож.) ; пер. Сенниковой Т. И. — 2-е изд. стер. — М. : ДМК Пресс, 2014. — 224 с. : ил. — (Серия «Образовательная манга»). — Доп. тит. л. яп. — ISBN 978-5-97060-107-5.

Рерэко — обыкновенная школьница из необыкновенной страны Электонии, где всё вокруг электрическое. Рерэко неплохо учится, да вот незадача — не может понять то, что требует от неё школьная программа по электричеству. За дело берётся её новый знакомый — Хикару. Вместе с ними ты узнаешь:

- что такое электрическая цепь,
- какая существует связь между напряжением, током и сопротивлением,
- «что делают» в электрических цепях конденсаторы и катушки индуктивности,
- как работают трансформаторы, электродвигатели и электрогенераторы,
- как устроены полупроводниковые диоды и транзисторы

и ещё много интересного!

Эта книга, несмотря на её «легковесный» жанр — комиксы, просто и последовательно, а главное, грамотно рассказывает о той роли, которую в нашей жизни играет электричество.

Книга предназначена для учащихся школ и колледжей, но будет интересна и студентам вузов, а также всем желающим расширить свой кругозор в области электричества.

УДК 621.38
ББК 32.85я9

Original Japanese edition
Manga de Wakaru Denki (Manga Guide: Electricity)
By Kazuhiro Fujitaki (Author), Matsuda (Illustrator) and
Trend-Pro Co., Ltd. (Producer)
Published by Ohmsha, Ltd.
3-1 Kanda Nishikicho, Chiyodaku, Tokyo, Japan
Russian language edition copyright © 2014 by DMK Press
Translation rights arranged with Ohmsha, Ltd.

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

ISBN 978-4-274-06672-6 (яп.) Copyright © 2006 by Mana Takahashi and Trend-Pro Co., Ltd
ISBN 978-5-94120-276-8 (Додэка) © Перевод, Издательский дом «Додэка-XXI», 2012
ISBN 978-5-97060-107-5 (ДМК Пресс) © Издание, ДМК Пресс, 2014

➤ ПРЕДИСЛОВИЕ ➤

Современную жизнь нельзя представить без электричества. Для объяснения того, как течёт электричество, часто пользуются примером течения воды. Однако электричество сложно для понимания потому, что мы не можем увидеть его своими глазами.

Электричество приносит пользу в разнообразных областях нашей жизни, вырабатывая тепло, свет, механическую силу. Но подавляющее большинство людей, хотя и сталкиваются с функционирующим электричеством повсюду, почти не осознают его самого. Но если вы взглянете на электричество после того, как узнаете об основных принципах его работы, то сможете в определённом смысле «увидеть» его.

Данная книга построена так, что за общими объяснениями про электричество в части манги следуют более подробные объяснения в части текста. Сложных объяснений о работе электричества в книге не содержится. Просто слушайте объяснения Хикару вместе с главной героиней — Рерэко. Эти объяснения будут понятны даже тем, кто не сведущ в электричестве.

Данная книга создана в форме манги, обладающей сюжетом, что делает изложение лёгким для усвоения.

По случаю издания этой книги я выражаю свою признательность господину Мацуда, который отвечал за рисунки, а также сотрудникам компании Trend Pro, создавшим прекрасный дизайн. Кроме того, я глубоко благодарен господину Митани Масааки из Токийского электротехнического университета за его ценные замечания. И в заключение я хочу сказать огромное спасибо коллективу издательства Ohmsha, предоставившему мне возможность на этот раз взяться за перо.

Я буду счастлив, если эта книга поможет вам поближе познакомиться с электричеством и полюбить его.

*Декабрь 2006
Фудзитаки Кадзухиро*

➤ СОДЕРЖАНИЕ ➤

Пролог	
ГОСТЬЯ ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МИРА	1

Глава 1	
ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	13

1.1. Электричество на каждый день	14
Единицы измерения электричества	15
Электричество в доме	19
1.2. Как работает электричество	25
Истинная природа электричества.....	26
Ток и электрический разряд	30
Строение атома и проводимость	34
1.3. Статическое электричество	36
Применение статического электричества	43
1.4. Давайте разберёмся!	45
Надписи на электроприборах	45
Напряжение и потенциал	47
Свободные электроны и электрический ток.....	49
Статическое электричество и электризация.....	51
Электростатическая сила (сила Кулона)	52
Трибоэлектрический ряд	53
Движение заряда и направление тока	54

Глава 2	
ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ	57

2.1. Электрические цепи	58
Электрическая цепь фонарика	61
Элементы электрической цепи	63
2.2. Закон Ома и способы соединения элементов	
электрической цепи	69
Электрическая цепь и закон Ома	70
Последовательное и параллельное соединение элементов ...	71
2.3. Давайте разберёмся!	75
Электрические цепи и ток.....	75

Графические символы.....	76
Цепь постоянного и переменного тока.....	77
Закон Ома.....	78
Удельное сопротивление и удельная электропроводность	79
Общее сопротивление	81

Глава 3

КАК РАБОТАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО..... 85

3.1. Почему электричество даёт тепло	86
Электричество и джоулево тепло.....	89
Как ток создаёт тепло	91
Тепловое излучение и люминесценция	94
3.2. Электрическое и магнитное поле	98
Ток и магнитное поле.....	98
Правило левой руки (для двигателей постоянного тока).....	102
Правило правой руки (для электрогенераторов).....	104
3.3. Давайте разберёмся!	108
Джоулево тепло.....	108
Тепловые колебания.....	108
Электромагнитные волны	111
Электричество и магнетизм.....	112
Правило левой руки и двигателя постоянного тока.....	114
Правило правой руки и электрогенераторы	115
Электричество и катушки индуктивности.....	117
Катушки индуктивности и электромагнитная индукция	118
Катушки индуктивности и явление самоиндукции.....	118
Катушки индуктивности и переменный ток.....	119
Катушки индуктивности и трансформаторы	120
Потери в трансформаторе	122
Конденсаторы	122
Конденсаторы и переменный ток	123

Глава 4

КАК ПОЛУЧАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО..... 125

4.1. Электрогенераторы	126
Как электрогенераторы создают электричество	129
4.2. Батареи и другие источники электричества	132
Вольтова батарея.....	134

Сухая батарея, взгляд изнутри	140
Электролиз воды и топливный элемент	143
Топливный элемент	146
4.3. Батарея своими руками	148
Термоэлектрический элемент	149
4.4. Давайте разберёмся!	155
Электричество, вырабатываемое на электростанции	155
Тепловая электростанция	158
Атомная электростанция	159
Гидроэлектростанции	161
Ветровые электростанции	164

Глава 5

КАК МОЖНО С ПОЛЬЗОЙ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО 165

5.1. Связь восстановлена!	166
5.2. Что такое полупроводники	171
5.3. Диоды и транзисторы	179
Диоды	179
Диоды, излучающие свет	184
Транзисторы	186
5.4. Давайте разберёмся!	196
Диоды	196
Транзисторы	199
Полевой транзистор	200
Инверторы и конвертеры	200
Датчики	202
Датчики температуры	203
Оптические датчики	205

ЭПИЛОГ 209

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 213

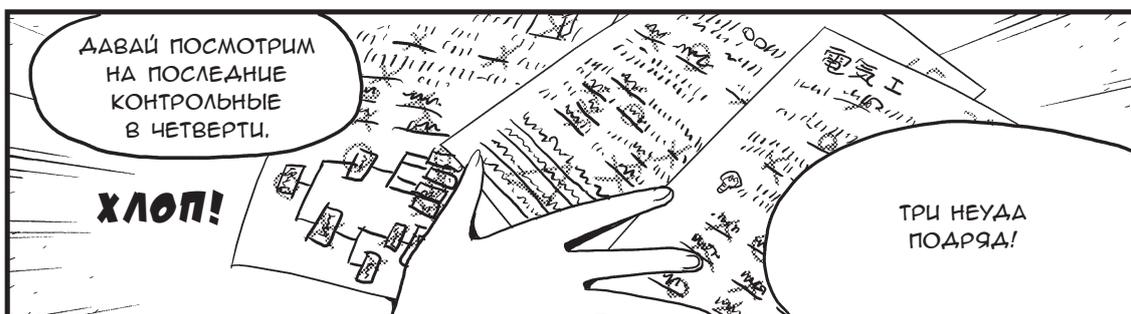


ПРОЛОГ

**ГОСТЬЯ ИЗ
ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МИРА**

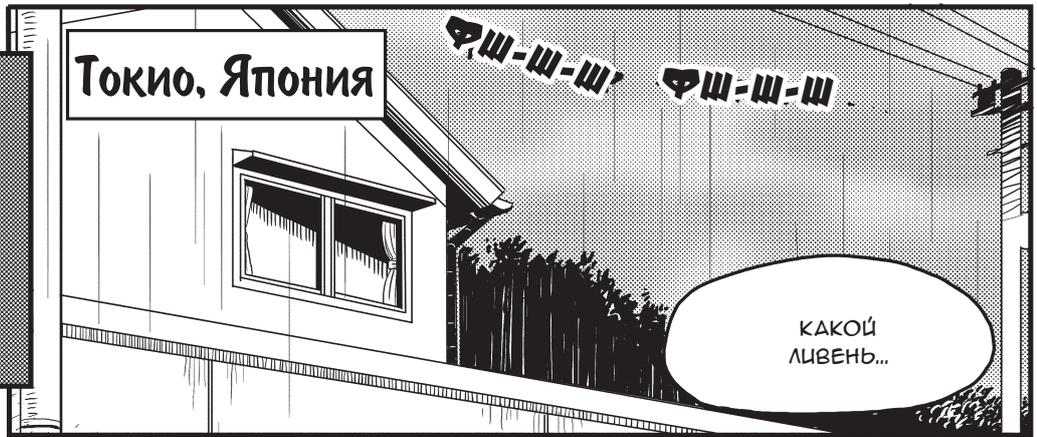








Следующий день



Токио, Япония

ш-ш-ш ш-ш-ш

КАКОЙ ЛИВЕНЬ...

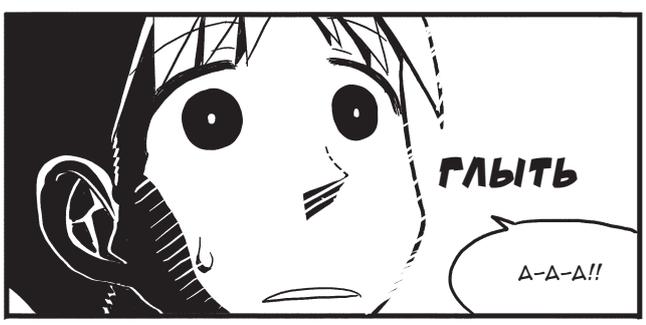


ТАК Я СКОРО ПРОМОКНУ!
КАК ЖЕ Я ЗАБЫЛ ЗОНТ?



Я ПОЧТИ ДОМА,
ПРОБЕГУСЬ,
ПОЖАЛУЙ...

БАБАХ!



ГЛЫТЬ

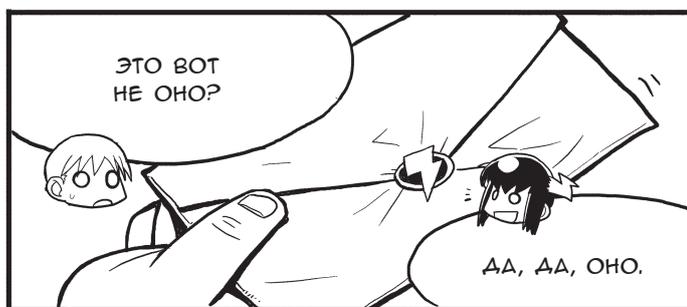
А-А-А!!



ТРАХ!

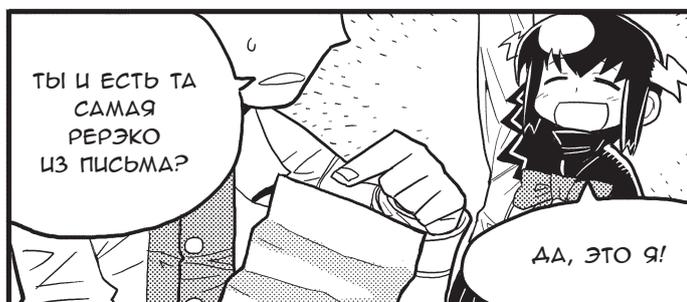
А-А-А!





Уважаемый господин Хикару Яно!
Отправляю к Вам на обучение свою ученицу Рерэко. Надеюсь, Вы согласитесь дать ей несколько уроков. Рассчитываю на Вашу доброту.

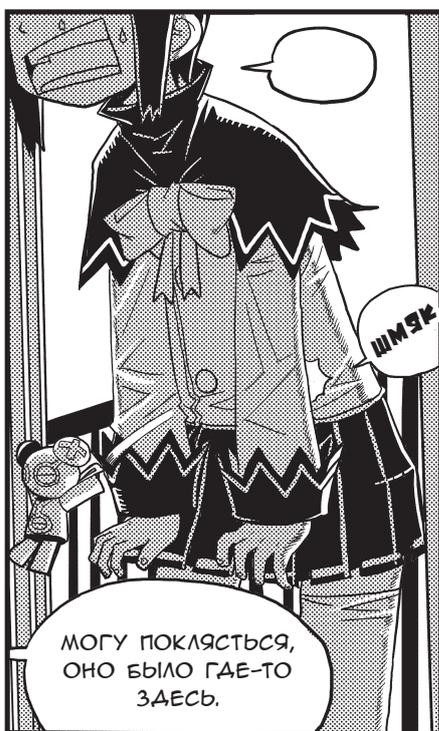
С большой надеждой и уважением,
Тэтэка, преподаватель Центральной школы электрических наук.





В квартире Хикару





Слустьа тридцать минут...

...ВОТ КАК БЫЛО ДЕЛО.

НУ ВОТ, ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО! ТЫ ПРИЕЫЛА ИЗ ПАРАМЛЕЛЬНОГО МИРА.

ЭЛЕКТОНЦИЯ — СТРАНА, ГАЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПРИМЕНЯЕТСЯ НЕСКОЛЬКО ШИРЕ, ЧЕМ У ВАС.

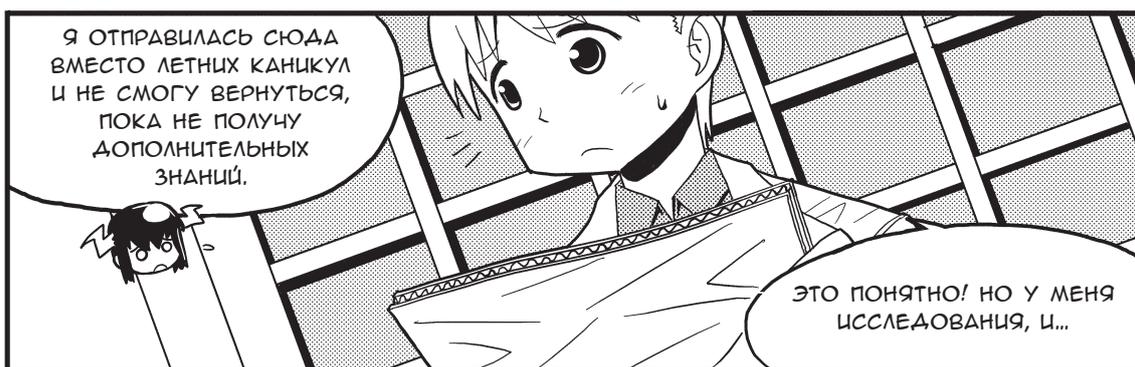
ТАК КАК ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА СЧИТАЕТСЯ ОЧЕНЬ ВАЖНЫМ, ДАЖЕ ДЕТИ МОЕГО ВОЗРАСТА ДОЛЖНЫ ЗНАТЬ ОСНОВЫ. НО ВОТ Я... КАК БЫ СКАЗАТЬ... Я...

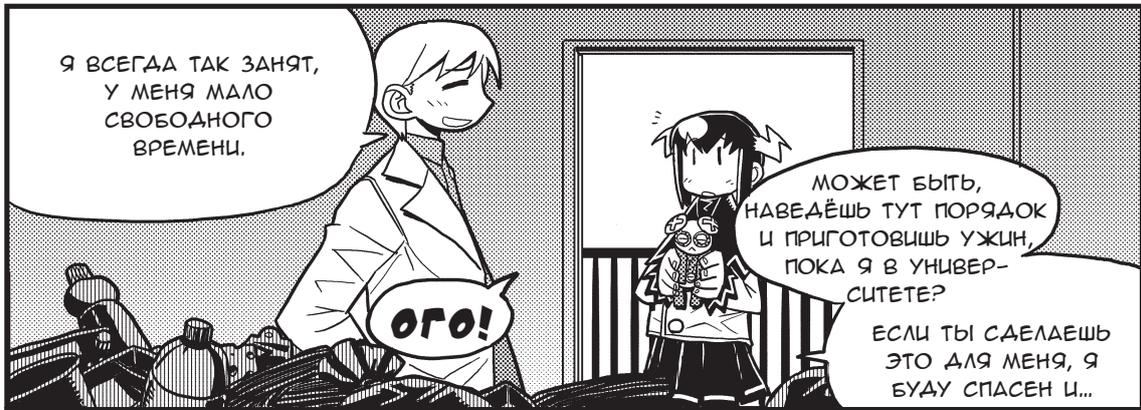
Девочница!

ШЛЁП-ШЛЁП-ШЛЁП

ЯСНО, С ПОМОЩЬЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ ТЫ ПОПРОБУЕШЬ НАВЕРСТАТЬ УПУЩЕННОЕ?

ТЭТЭКА, МОЯ УЧИТЕЛЬНИЦА, ХОРОШО ИНФОРМИРОВАНА О ВАШЕМ МИРЕ.







1

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



1.1. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО НА КАЖДЫЙ ДЕНЬ



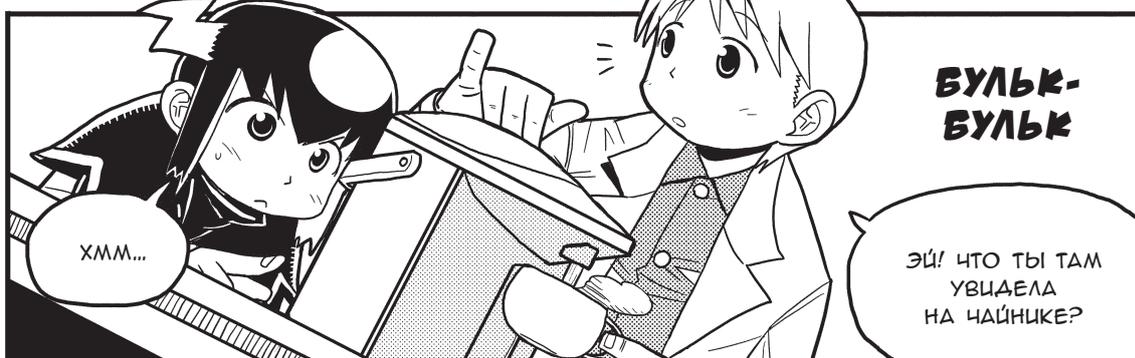
ФУХ!



УЧИТЕЛЬ ХИКАРУ,
Я ПОЧТИ
ЗАКОНЧИЛА!

**ПОЧТИ
ЧИСТО!**

ОТЛИЧНО,
СПАСИБО! МОЖЕТ,
ПЕРЕДОХНЁШЬ
НЕМНОГО?



ХММ...

**БУЛЬК-
БУЛЬК**

ЭЙ! ЧТО ТЫ ТАМ
УВИДЕЛА
НА ЧАЙНИКЕ?



"220 В, 5 А, 1100 Вт?"
...ВСЁ ЭТО ОТНОСИТСЯ
К ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ,
ВЕРНО?

220 В, 5 А,
1100 Вт

PS
E

завод электротехники

УГУ!



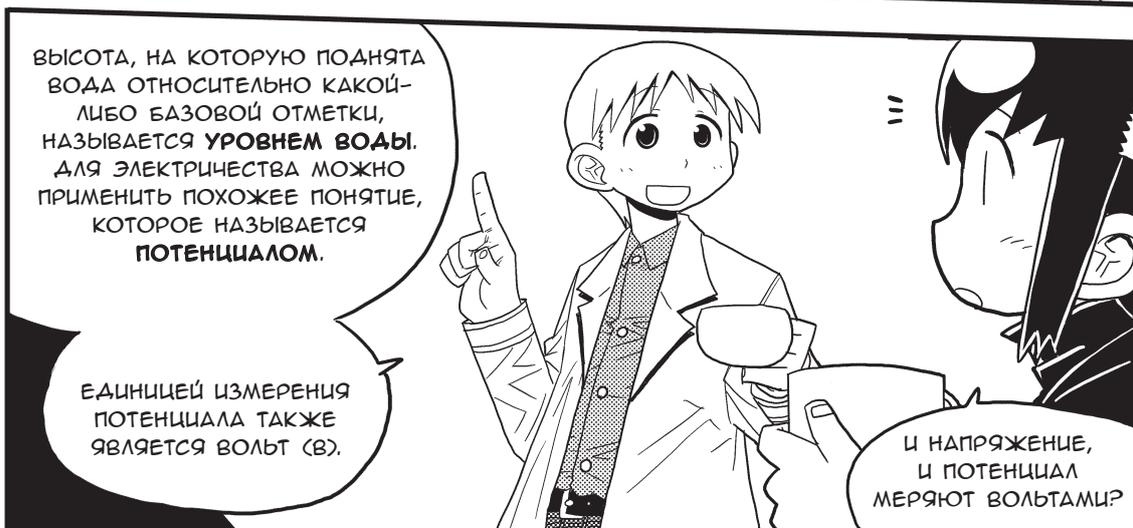
ДАВАЙ НАЧНЁМ НАШИ
ЗАНЯТИЯ С ЕДИНИЦ
ИЗМЕРЕНИЯ, КОТОРЫЕ
ПИШУТ НА ДОМАШНИХ
ЭЛЕКТРОПРИБОРАХ?

Вт

А

В

СОГЛАСНА!





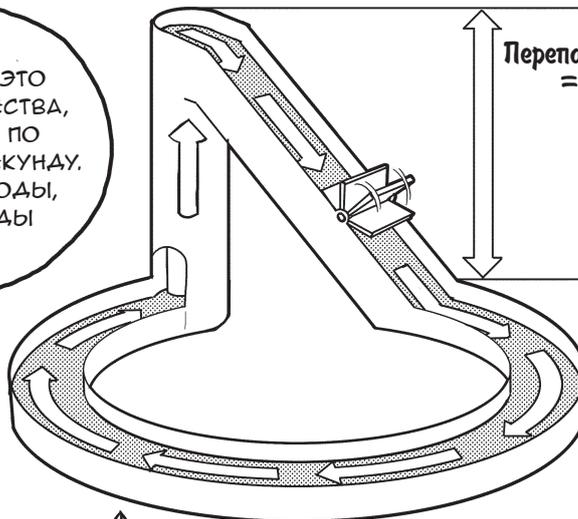
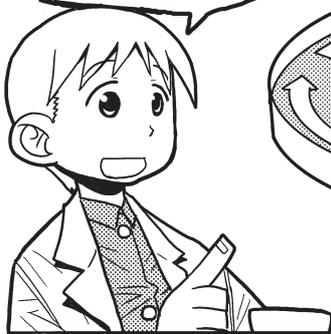
НАПРЯЖЕНИЕ — ЭТО РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ МЕЖДУ ДВУМЯ ТОЧКАМИ. ПОЭТОМУ У НИХ ОДНА ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ.

Разница уровней воды =
= разность потенциалов =
= напряжение

А (АМПЕР) — ЭТО ЕДИНИЦА, КОТОРОЙ ИЗМЕРЯЮТ СИЛУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.

A

СИЛА ТОКА, ИЛИ ПРОСТО ТОК, — ЭТО КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, КОТОРОЕ ПРОТЕКАЕТ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДУ ЗА СЕКУНДУ. НАПОМИНАЕТ ПОТОК ВОДЫ, ТО ЕСТЬ ОБЪЁМ ВОДЫ В СЕКУНДУ.



Объём воды, протекающий за секунду = ток

Я БЫ СЕЙЧАС СЪЕЛА НАГАШИ СОМЕН — ПЛАВАЮЩУЮ ЛАПШУ!





ИЗ ЭТОЙ ФОРМУЛЫ ЛЕГКО
ВЫЧИСЛИТЬ СИЛУ ТОКА:

$$\text{сила тока (A)} = \frac{\text{мощность (Вт)}}{\text{напряжение (В)}}$$

ЗНАЧИТ, ДЛЯ ЭТОГО
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ЧАЙНИКА...

...МЫ ИМЕЕМ

$$\frac{1100 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} = 5 \text{ А}$$

ТАК ВЕДЬ?

ВЕРНО!

電気使用量のお知らせ

使用場所 〇〇〇〇〇町〇丁目

〇年〇月分 二休月曜日 〇月〇日 ~ 〇月〇日 (33日間)

契約種別 従量電灯B

契約 30A

使用量 310 kWh

請求予定金額 4,884円

基本料金	1,700円
上段料金	3,500円
2段料金	2,500円
3段料金	500円
燃料費調整	160円
電化財産住宅割引額	50円
口座振替割引額	307円
消費税等相当額	500円
合算	500円

請求額 4,884円

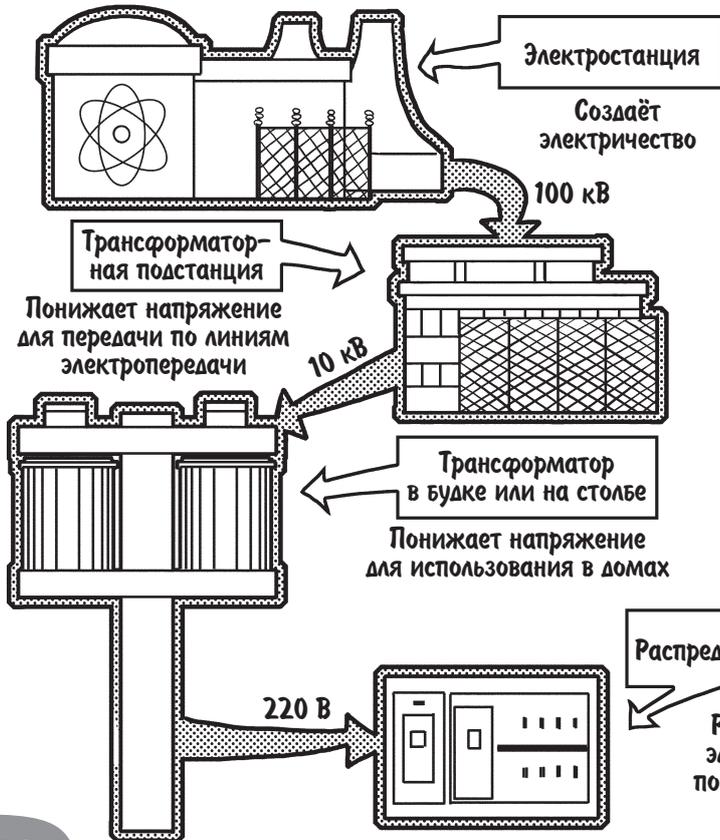
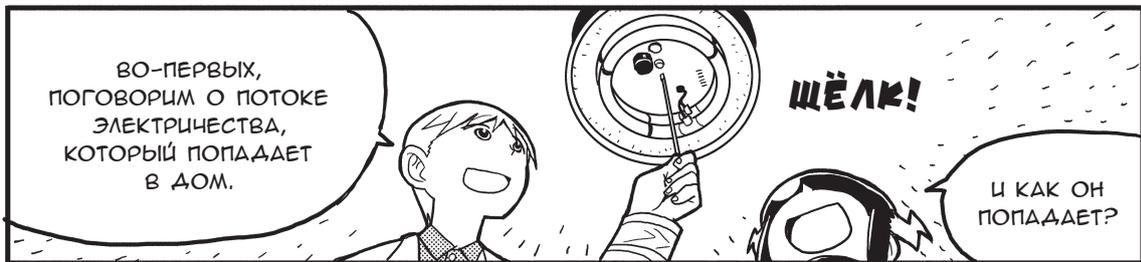
電力会社 〇〇電力株式会社

〇〇支社(〇〇〇)

А ВОТ ЕЩЁ ОДНА
ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ.
В ЕЖЕМЕСЯЧНОМ СЧЁТЕ
ЗА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО СТОИТ КВТ·Ч.
ЭТО КИЛОВАТТ-ЧАС, КОТОРЫМ
ИЗМЕРЯЕТСЯ КОЛИЧЕСТВО
ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

АГА...
ЗАПИШЕМ!



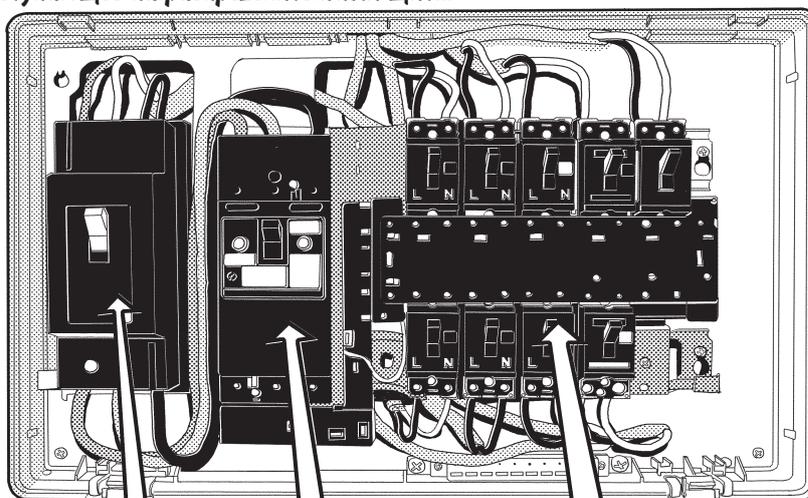


ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ В ОБЫЧНОМ ДОМЕ, ПРОИЗВОДЯТ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. ПОТОМ ОНО ПРОХОДИТ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРОВОДАМ, ЧЕРЕЗ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ, УСТАНОВЛЕННЫЕ В БУДКАХ ИЛИ НА СТОЛБАХ, И ЗАТЕМ ПОПАДАЕТ В КАЖДЫЙ ДОМ.



Распределительный щит распределяет электричество по помещениям в доме. Электричество, поступающее на распределительный щит...

...проходит через главный автомат, потом через УЗО (устройство защитного отключения) и разделяется между несколькими автоматами защиты.



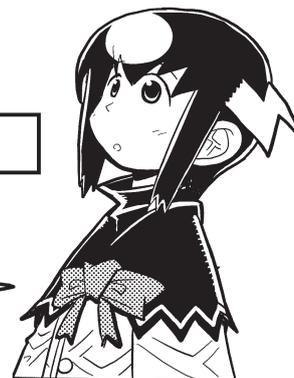
УЗО (устройство защитного отключения)

Главный автомат

Автомат защиты

ВНУТРИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЩИТ ВЫГЛЯДИТ ТАК.

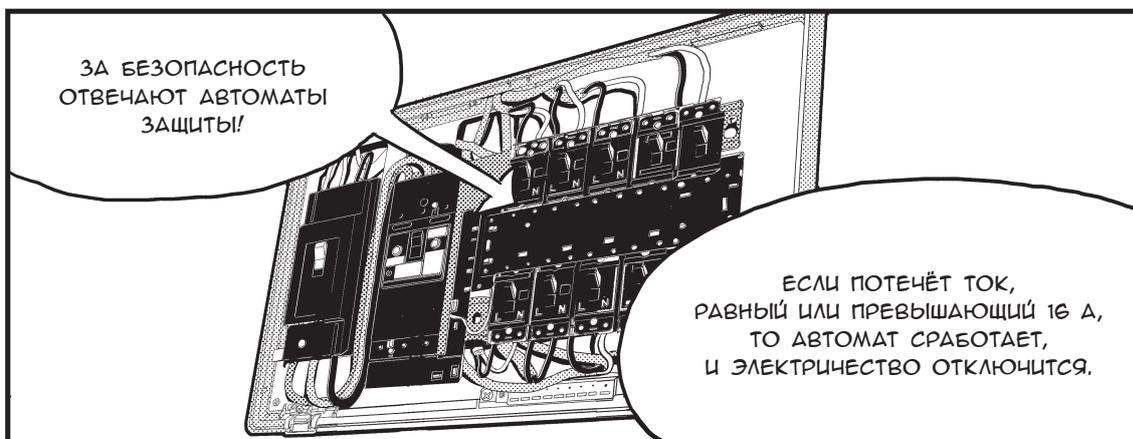
ОГО!



ГЛАВНЫЙ АВТОМАТ СРАБАТЫВАЕТ, КОГДА СУММАРНЫЙ ТОК, ПРОХОДЯЩИЙ ЧЕРЕЗ АВТОМАТЫ ЗАЩИТЫ, ПРЕВЫШАЕТ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

В МОЕЙ КВАРТИРЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТОКА — 16 А.

ТО ЕСТЬ, ЕСЛИ ТОК БОЛЬШЕ 16 А, СРАБОТАЕТ ЗАЩИТА, ТАК?



ЗА БЕЗОПАСНОСТЬ
ОТВЕЧАЮТ АВТОМАТЫ
ЗАЩИТЫ!

ЕСЛИ ПОТЕЧЁТ ТОК,
РАВНЫЙ ИЛИ ПРЕВЫШАЮЩИЙ 16 А,
ТО АВТОМАТ СРАБОТАЕТ,
И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ОТКЛЮЧИТСЯ.



ЗНАЧИТ, ЕСЛИ СУММАРНЫЙ ТОК,
ПОТРЕБЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ
ПРИБОРАМИ, ПОДСОЕДИНЁННЫМИ
К ОДНОМУ АВТОМАТУ ЗАЩИТЫ,
НЕ ПРЕВЫШАЕТ 16 А...

...АВТОМАТ
НЕ СРАБОТАЕТ.



ТАК КАК НАПРЯЖЕНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ У НАС 220 В,
ДАВАЙ ПОДСЧИТАЕМ СУММАРНУЮ
МОЩНОСТЬ, ИСПОЛЬЗУЕМУЮ
ПРИБОРАМИ, ПОДКЛЮЧЁННЫМИ
К ОДНОМУ АВТОМАТУ ЗАЩИТЫ,
И ПОСМОТРИМ,
НЕ ПРЕВЫСИТ ЛИ ОНА 16 А.

НАПРИМЕР, ЕСЛИ МЫ
ПОПРОБУЕМ ВКЛЮЧИТЬ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЧАЙНИК
И МУЛЬТИВАРКУ...



Чайник: $1500 \text{ Вт} / 220 \text{ В} = 6.8 \text{ А}$

Мультиварка: $2000 \text{ Вт} / 220 \text{ В} = 9.1 \text{ А}$



$6.8 \text{ А} + 9.1 \text{ А} = 15.9 \text{ А}$

ВЕЛИЧИНА 16 А
НЕ ПРЕВЫШЕНА.

ГЛЫК

ЕЩЁ БЫ
ЧУТЬ-ЧУТЬ, И...





...ЕСЛИ ТАК БУДЕТ
ПРОДОЛЖАТЬСЯ ДОЛГОЕ
ВРЕМЯ, РОЗЕТКА ИЛИ ВИЛКА
НАГРЕЮТСЯ, А ЭТО ОПАСНО.

ПШ-Ш...

ПШ-Ш...

ГЛЫТЬ



...С ЭТОЙ ВСЁ
НОРМАЛЬНО,
ОНА ВЕДЬ
НЕ ВКЛЮЧЕНА.

НЕ ПУГАЙ
МЕНЯ!



ПОЭТОМУ ДАВАЙ НЕ БУДЕМ
ВКЛЮЧАТЬ В ОДНУ РОЗЕТКУ
СРАЗУ НЕСКОЛЬКО ПРИБОРОВ
С ВЫСОКОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ
МОЩНОСТЬЮ,
ДОГОВОРИЛИСЬ?

А...ДА!



Когда я на
зарядке, также
надо быть
осторожным!

ТЫ ЧТО, ПОТРЕБЛЯЕШЬ
ТАК МНОГО
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА,
ЁНОСКЭ?

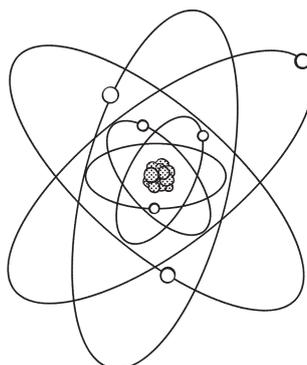


ЕСЛИ МЫ ПОДСОЕДИНИМ
ЕГО К ОТДЕЛЬНОЙ
РОЗЕТКЕ, ДУМАЮ, ВСЁ
БУДЕТ НОРМАЛЬНО, А?

ДА,
ТОЛЬКО СЧЁТ
ЗА ЭЛЕКТРИЧЕ-
СТВО НЕ БУДЕТ
НОРМАЛЬНЫМ!!!

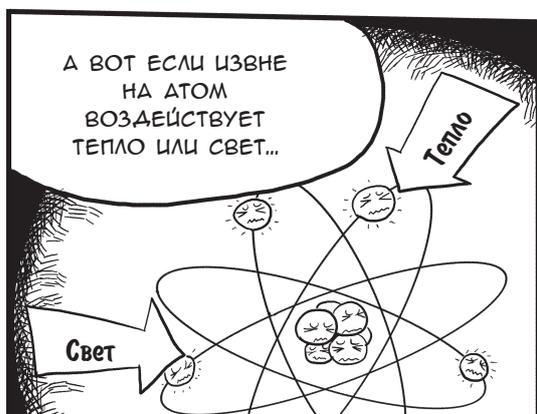
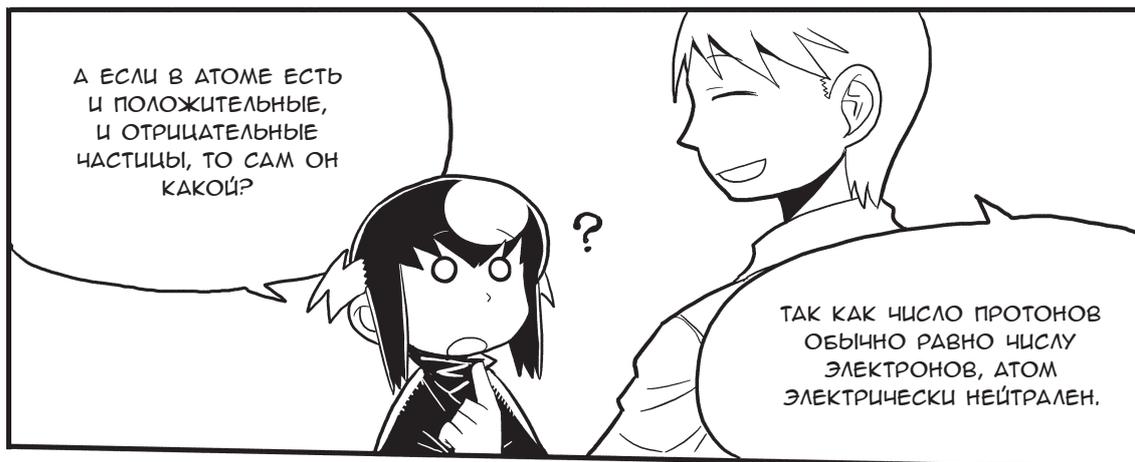
1.2. КАК РАБОТАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



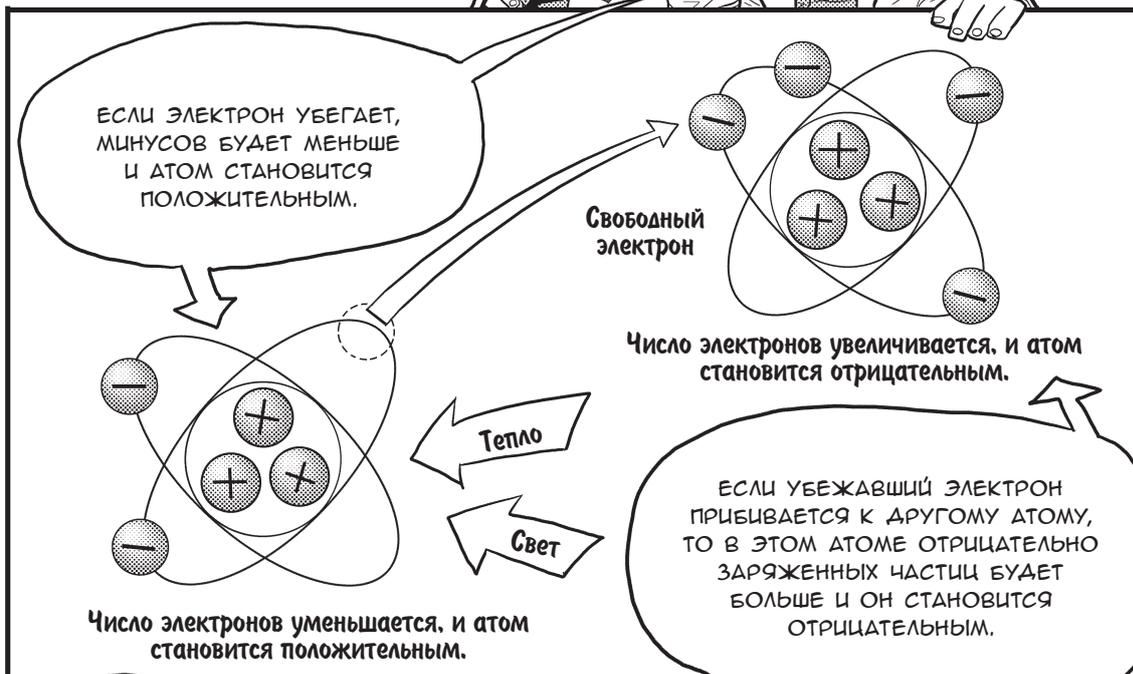
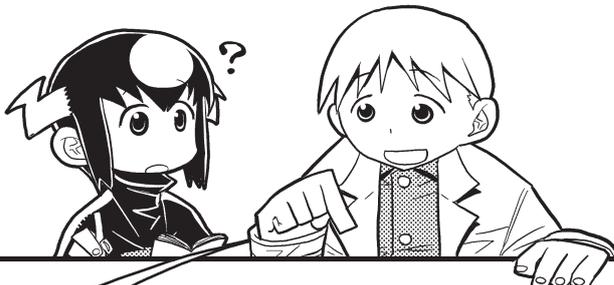


Атом





И ЧТО БУДЕТ,
КОГДА ОН
УБЕЖИТ?

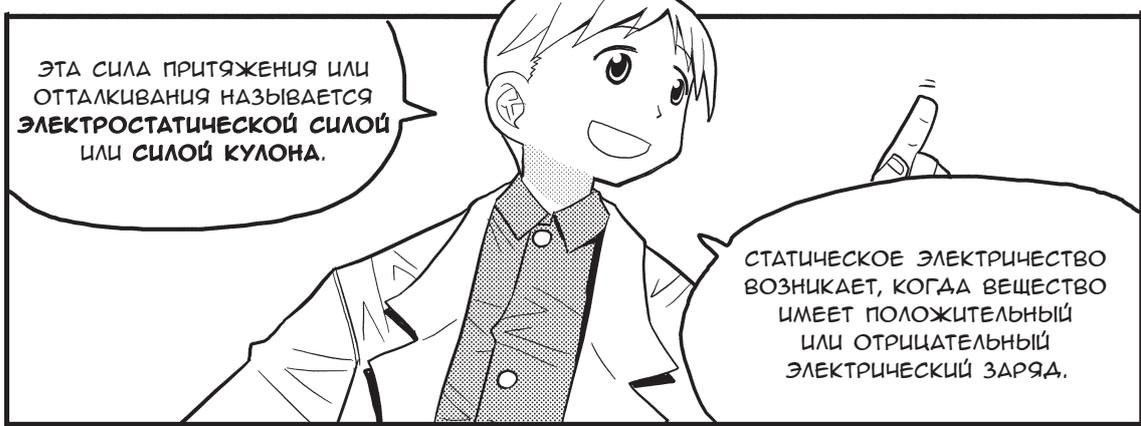
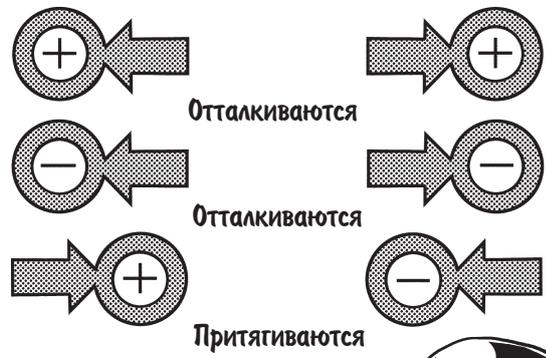


АГА! УБЕЖАВШИЙ
ЭЛЕКТРОН
ПЕРЕМЕЩАЕТСЯ
К ДРУГОМУ АТОМУ!



ТАКОЕ ЯВЛЕНИЕ,
ПРИ КОТОРОМ АТОМ
ПРИБИРАЕТ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА, НАЗЫВАЮТ
ЭЛЕКТРИЗАЦИЕЙ.

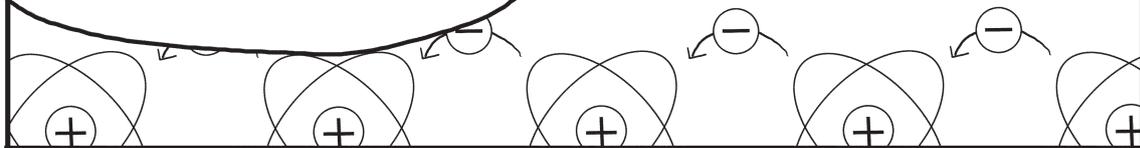
ТО ЕСТЬ АТОМ
ЭЛЕКТРИЗУЕТСЯ, ЕСЛИ
ОТ НЕГО УБЕГАЕТ
ЭЛЕКТРОН ИЛИ ЕСЛИ
К НЕМУ ПРИБИВАЕТСЯ
ЧУЖОЙ ЭЛЕКТРОН,
ДА?



ТОК И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД

ЕСЛИ ВЕЩЕСТВО ПОЛОЖИТЕЛЬНО ИЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕНО, ОНО ПЫТАЕТСЯ СНОВА СТАТЬ НЕЙТРАЛЬНЫМ, ТЕРЯЯ ИЛИ ПРИОБРЕТАЯ ЭЛЕКТРОНЫ.

ОНО ПЫТАЕТСЯ ВЕРНУТЬСЯ ОБРАТНО К СВОЕМУ НЕЙТРАЛЬНОМУ СОСТОЯНИЮ?



КСТАТИ, ПРЕДМЕТЫ МОГУТ БЫТЬ **ПРОВОДНИКАМИ**, И ТОГДА ЧЕРЕЗ НИХ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТЕЧЁТ СВОБОДНО (НАПРИМЕР, МЕТАЛЛ)...

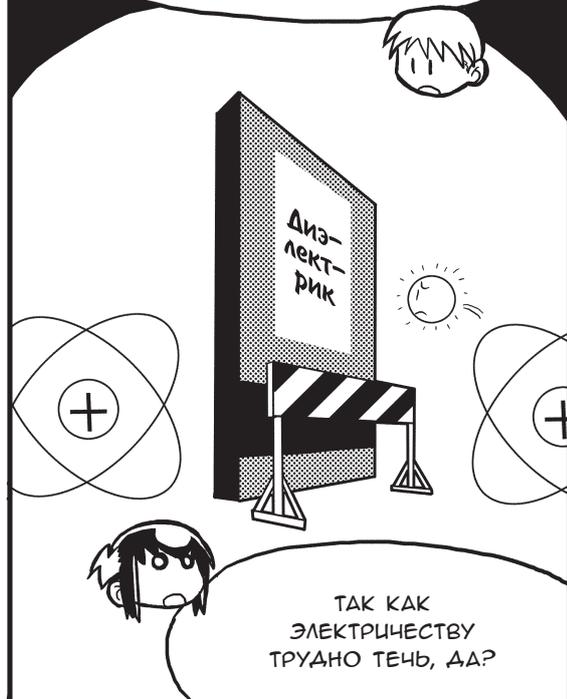
...**ИЗОЛЯТОРАМИ (ДИЭЛЕКТРИКАМИ)**, И ТОГДА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЧЕРЕЗ НИХ ПРОТЕКАЕТ С ТРУДОМ (НАПРИМЕР, СТЕКЛО ИЛИ РЕЗИНА)...

...И **ПОЛУПРОВОДНИКАМИ**, ЯВЛЯЮЩИМИСЯ ЧЕМ-ТО ПРОМЕЖУТОЧНЫМ МЕЖДУ ПРОВОДНИКАМИ И ИЗОЛЯТОРАМИ.

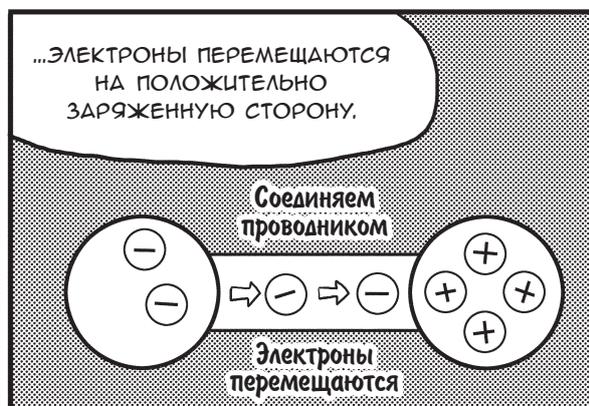
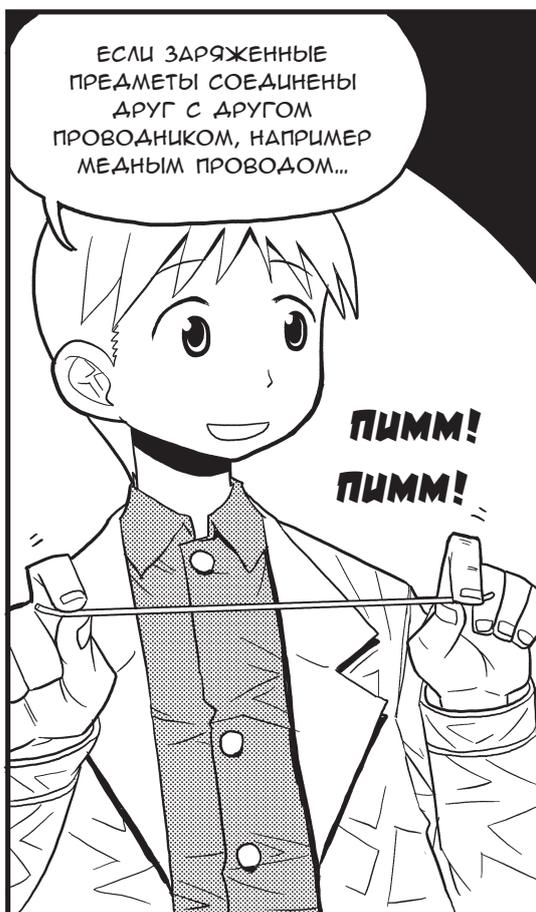
ХММ.



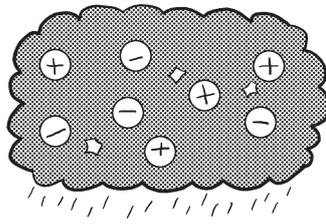
ЕСЛИ МЕЖДУ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ЗАРЯДАМИ НАХОДИТСЯ ДИЭЛЕКТРИК, ЭЛЕКТРОНЫ ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ НЕ МОГУТ.



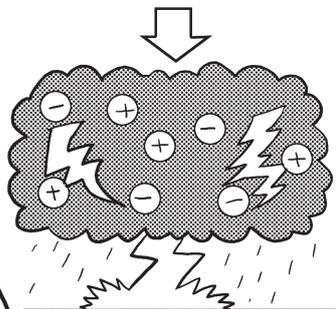
ТАК КАК ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ ТРУДНО ТЕЧЬ, ДА?



МОЛНИЯ — ХОРОШИЙ ПРИМЕР! ОНА ВОЗНИКАЕТ, КОГДА В ОБЛАКАХ МЕЛЬЧАЙШИЕ КАПЛИ ВОДЫ ТРУТСЯ ДРУГ О ДРУГА, И ВЫРАБАТЫВАЕМОЕ ТАКИМ ОБРАЗОМ СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО РАЗРЯЖАЕТСЯ НА ЗЕМЛЮ.



Льдинки и градинки в грозовом облаке сталкиваются друг с другом, накапливая электрический заряд.



Электрический разряд происходит в виде молнии или внутри облака, или между облаком и землёй.

ТАК КАК ВОЗДУХ — ИЗОЛЯТОР, ПРОИЗОЙТИ РАЗРЯДУ НЕПРОСТО.

ВОТ ЭТО РАЗРЯДИК!

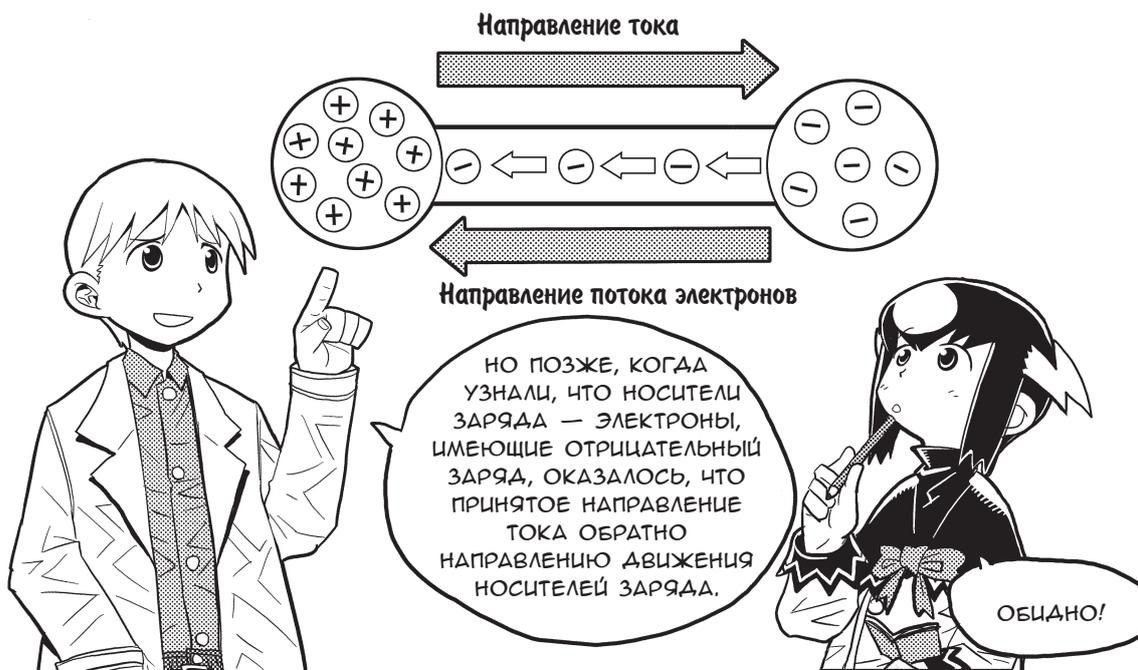
КОГДА НАКАПЛИВАЕТСЯ БОЛЬШОЙ ЗАРЯД И МЕЖДУ ОТРИЦАТЕЛЬНО И ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫМИ ОБЛАСТЯМИ ВОЗНИКАЕТ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ... ДРУГИМИ СЛОВАМИ, КОГДА НАПРЯЖЕНИЕ СТАНОВИТСЯ ОЧЕНЬ ВЕЛИКО...

ТР-Р-АХ!!

...ИЗОЛЯЦИЯ ВОЗДУХА В ОДИН МОМЕНТ РАЗРУШАЕТСЯ И ПРОИСХОДИТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД.

РАЗРЫВ ИЗОЛЯЦИИ, НАВЕРНОЕ, ВЫСВОБОЖДАЕТ ОГРОМНУЮ ЭНЕРГИЮ, ДА?

ТОЧНО! ПРАВАА, НА ОЧЕНЬ КОРОТКОЕ ВРЕМЯ.



⚡ СТРОЕНИЕ АТОМА И ПРОВОДИМОСТЬ

СУЩЕСТВУЮТ РАЗНЫЕ
ВИДЫ АТОМОВ,
И КАЖДЫЙ ИЗ НИХ
ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
ОПРЕДЕЛЁННЫМ
ЧИСЛОМ.

ЕГО
НАЗЫВАЮТ
**АТОМНЫМ
ЧИСЛОМ.**

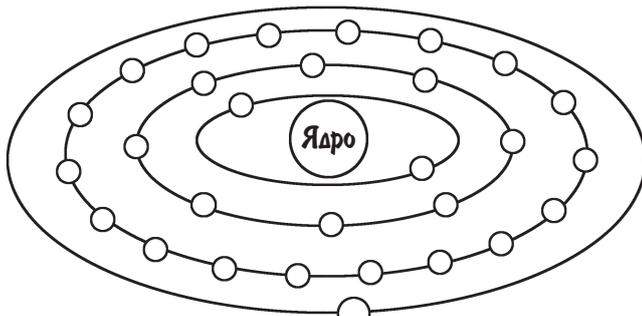
НАПРИМЕР, АТОМНОЕ ЧИСЛО
МЕДИ, КОТОРАЯ ЧАСТО
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ЛИНИЯХ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ,
РАВНО 29.

А ПОЧЕМУ
ИМЕННО 29?

ПОТОМУ ЧТО АТОМНОЕ ЧИСЛО
РАВНО ЧИСЛУ ПРОТОНОВ
В АТОМЕ. А ТАК КАК ПРОТОНОВ
СТОЛЬКО ЖЕ, СКОЛЬКО
И ЭЛЕКТРОНОВ, АТОМ МЕДИ
ДОЛЖЕН ИМЕТЬ...

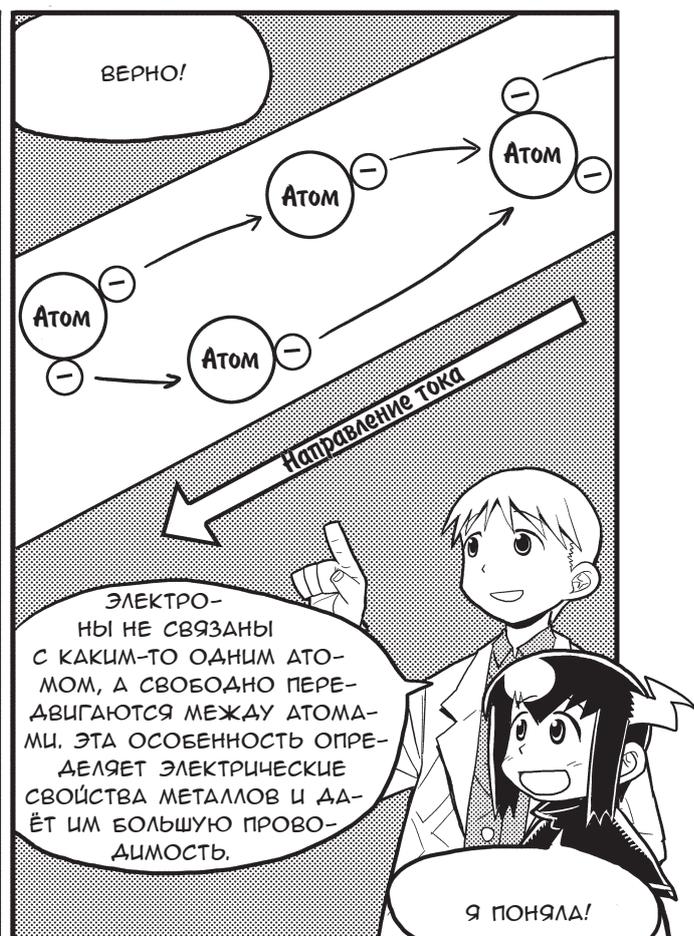
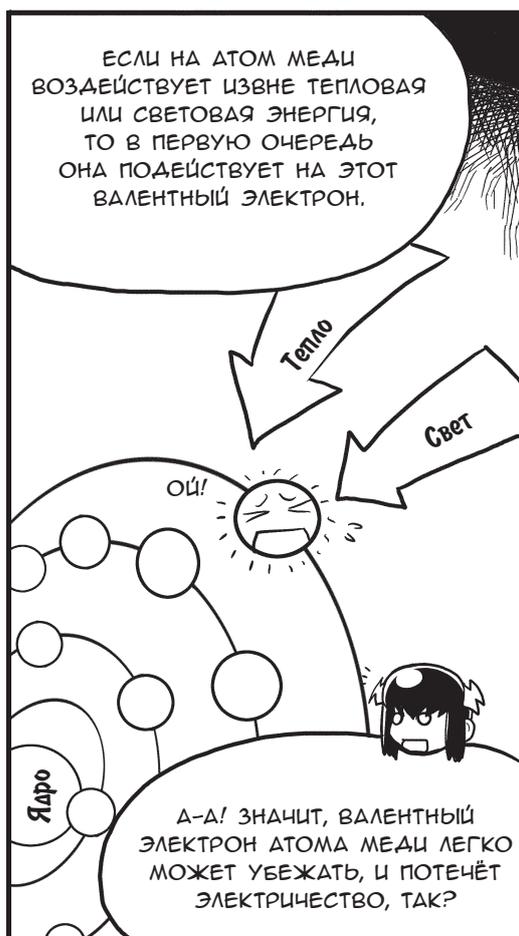
...29 ЭЛЕКТРОНОВ.

ВОКРУГ ЯДРА АТОМА МЕДИ ЕСТЬ
ЧЕТЫРЕ ОРБИТЫ, НАЗЫВАЕМЫЕ
**ЭЛЕКТРОННЫМИ
ОБОЛОЧКАМИ.**
НА ПЕРВОЙ ОРБИТЕ РАСПОЛАГАЮТСЯ
2 ЭЛЕКТРОНА, НА ВТОРОЙ — 8,
НА ТРЕТЬЕЙ — 18
И НА ВНЕШНЕЙ ОРБИТЕ — 1.
ВСЕГО 29 ЭЛЕКТРОНОВ.



Валентный электрон

НА САМОЙ ДАЛЬНЕЙ ОТ ЯДРА
ОРБИТЕ РАСПОЛАГАЕТСЯ
ВАЛЕНТНЫЙ ЭЛЕКТРОН.



1.3. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

РАНЕЕ
Я РАССКАЗЫВАЛ
ТЕБЕ, ЧТО СТАТИЧЕСКОЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВОЗНИКАЕТ, КОГДА
ПРЕДМЕТ ИМЕЕТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ
ИЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД.
СТАТИЧЕСКИЙ ОЗНАЧАЕТ, ЧТО НИЧЕГО
НЕ ДВИЖЕТСЯ И ТОК НЕ ТЕЧЁТ.

А ТЕПЕРЬ ДА-
ВАЙ ПОГОВОРИМ
О СТАТИЧЕСКОМ ЭЛЕК-
ТРИЧЕСТВЕ ПОДРОБ-
НЕЕ.

ДАВАЙТЕ!

ЗНАЕТЕ, У НАС
В ЭЛЕКТОНЦИ, КАК И У
ВАС, ТОЖЕ ЕСТЬ ЧЕТЫРЕ
ВРЕМЕНИ ГОДА, И ЗИМОЙ
НАС ПОЧТИ НА КАЖДОМ
ШАГУ НЕМНОГО БЬЁТ
ТОКОМ... ПРОСТО УЖАС.

БАЦ

От свитера

БАЦ

ОУ!

БАЦ

ОУ!

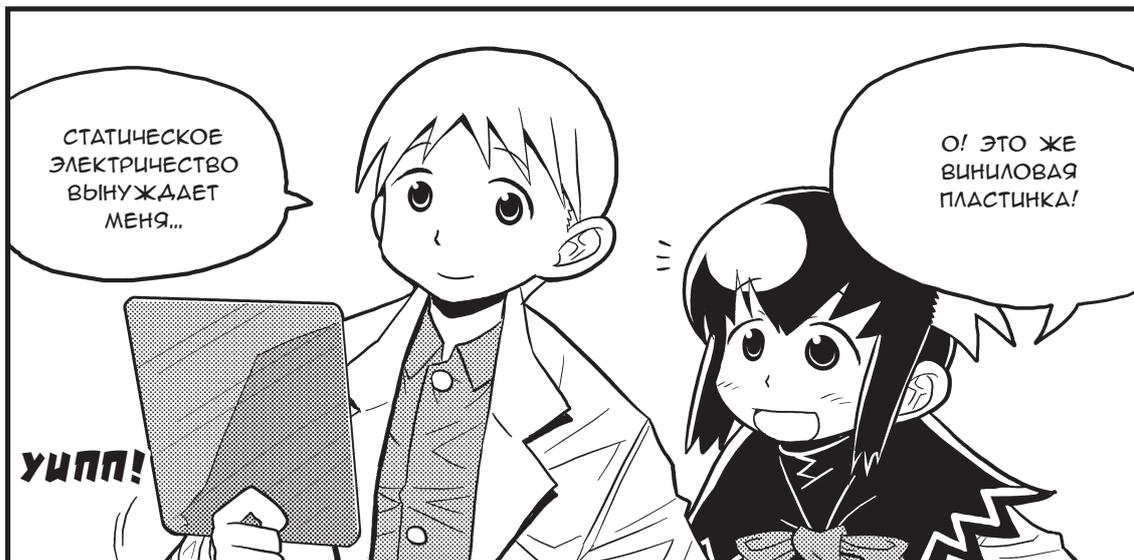
От дверной ручки

ЧТО Ж, В ЭТОМ СМЫСЛЕ МЫ
ВСЕ НЕМНОГО ЗНАКОМЫ СО
СТАТИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ.
А ТЫ ЗНАЕШЬ, ОТКУДА ОНО
БЕРЁТСЯ И КАКИМИ СВОЙСТВАМИ
ОБЛАДАЕТ?

???

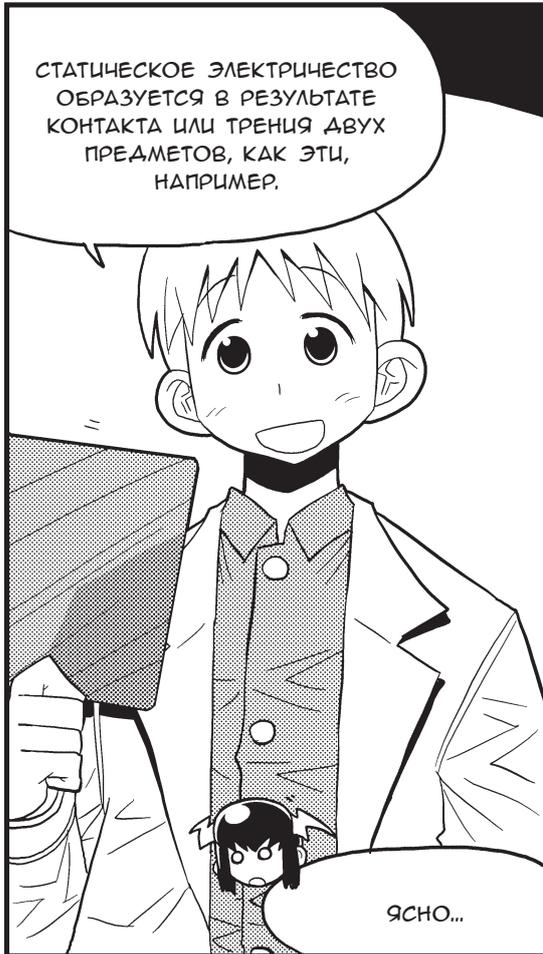
ГМ...
НУ...

ТАК Я И ДУМАЛ!

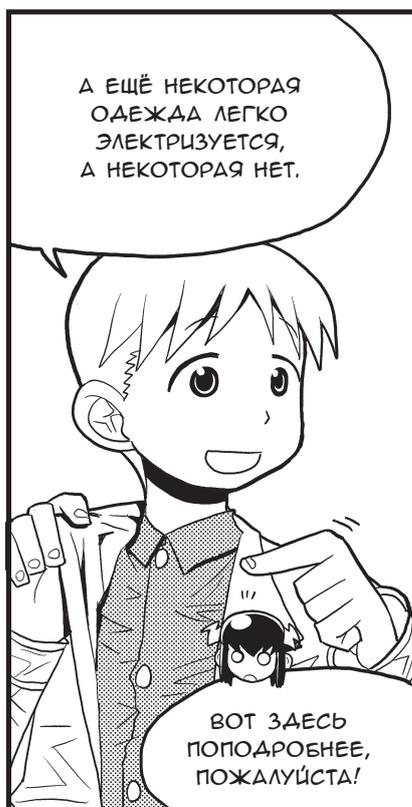


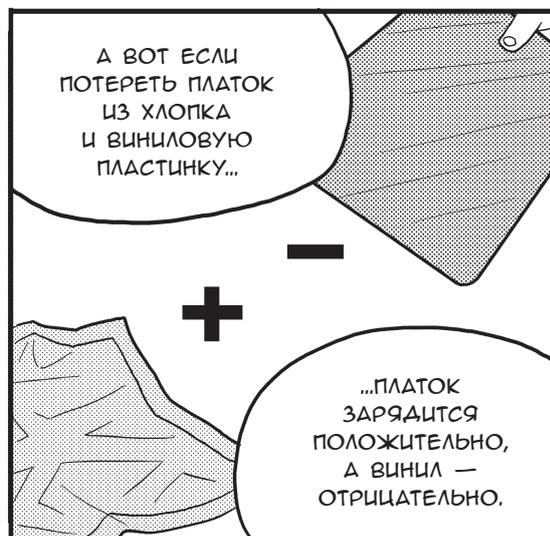
1.3. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

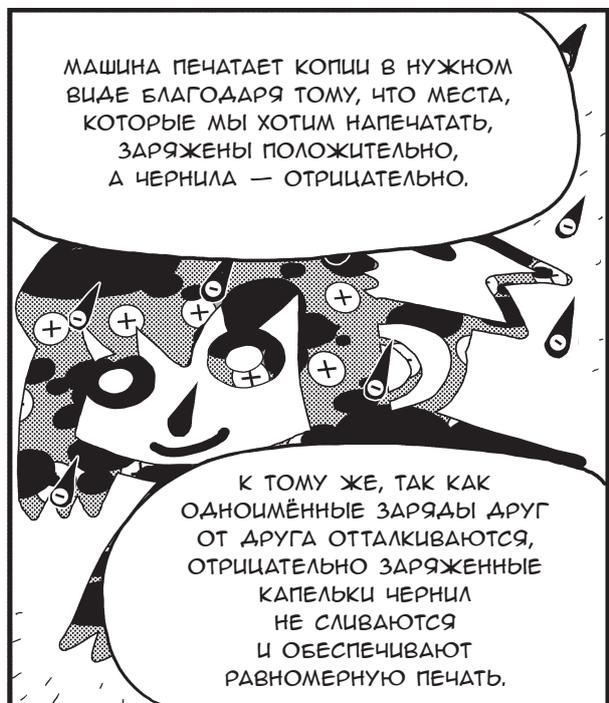
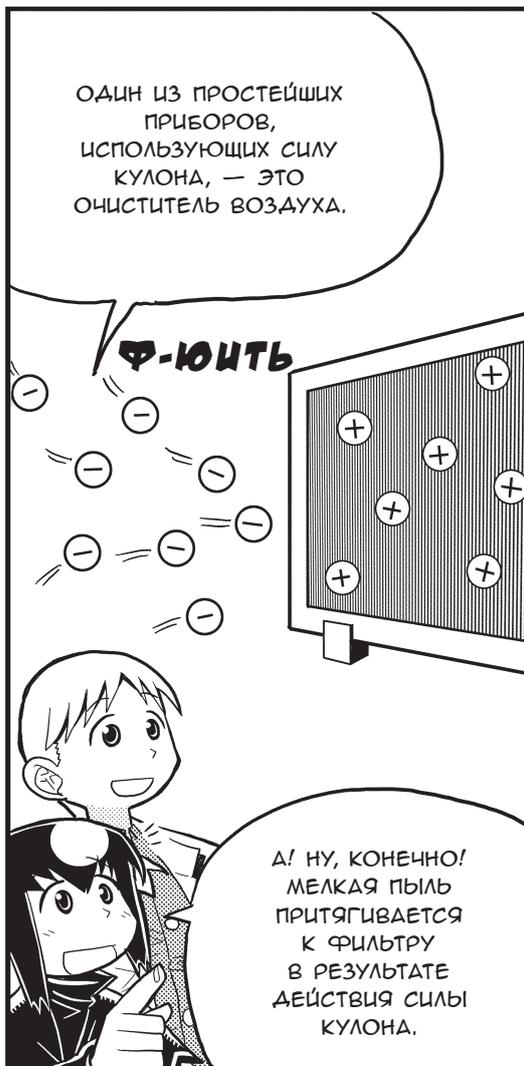














1.4. ДАВАЙТЕ РАЗБЕРЁМСЯ!

⚡ НАДПИСИ НА ЭЛЕКТРОПРИБОРАХ

На электроприборах широкого применения есть отметки, где указана информация о напряжении, токе и потребляемой электрической мощности прибора — например, 220 В, 1100 Вт и 5 А.



Надписи на электронагревателе.

Напряжение — это разность потенциалов, или «давление», заставляющее ток течь, и обозначается буквой U . Единица измерения напряжения — *вольт* (В) — названа так в честь итальянского физика Алессандро Вольты, который изобрел электрическую батарею. Напряжение, применяемое в обычных домашних электроприборах, в каждой стране своё: в США — 120 В, в России — 220 В, в Европе — 240 В и в Японии — 100 В.

Сила тока, или просто *ток*, — это количество электричества, протекающего по электролинии за секунду. Ток обозначается буквой I , которая является первой буквой в словосочетании *Intensity of electricity* (интенсивность электричества). Единица измерения тока — *ампер* (А) — названа так в честь французского физика Андре Мари Ампера. Один ампер равен одному кулону в секунду.

Потребляемая электрическая мощность — это электрическая энергия, потребляемая за одну секунду прохождения тока. Она обозначается буквой P . Единица измерения мощности — *ватт* (Вт) — названа так в честь английского инженера-механика Джеймса Уатта, который изобрел паровой двигатель. Один ватт равен одному джоулю в секунду.

Рассчитать мощность, необходимую прибору для работы, можно, умножив подводимое к прибору напряжение на величину протекающего тока. Мощность прибора, работающего при напряжении 220 В и токе 5 А равна $P = U \times I = 220 \text{ В} \times 5 \text{ А} = 1100 \text{ Вт}$.

В обычном современном доме есть много приборов, работающих от напряжения 220 В. Поделив значение мощности, указанное на каждом из этих приборов, на 220, мы получим ток, который течёт в каждом приборе. Если два прибора имеют одинаковую мощность, то ток прибора, рассчитанного на напряжение 220 В, будет в 2 раза меньше, чем ток прибора, рассчитанного на напряжение 110 В.

Так как $P = U \times I$, то это уравнение можно преобразовать таким образом:

$$P = U \times I \quad I = \frac{P}{U}$$

$$\text{Для электроприбора на 110 В } I = \frac{2200 \text{ [Вт]}}{110 \text{ [В]}} = 20 \text{ [А]} \quad \text{Ток, равный 20 А}$$

$$\text{Для электроприбора на 220 В } I = \frac{2200 \text{ [Вт]}}{220 \text{ [В]}} = 10 \text{ [А]} \quad \text{Ток, равный 10 А}$$

Количество *энергии*, т. е. общее количество *работы*, выполненной электроприбором, можно вычислить, умножив мощность, на которую он рассчитан, на время работы прибора. Электрическую энергию обычно измеряют в киловатт-часах (кВт·ч). Например, если электронагреватель мощностью 1 кВт работает в течение 1 часа, количество энергии, которую он потратит, равно $1 \text{ кВт} \times 1 \text{ ч} = 1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Однако, если время выражено в секундах, в качестве единицы измерения потребляемой энергии используют Вт·с (ватт-секунда). Ватт-секунду называли *джоулем* (Дж) в честь английского учёного Джеймса Джоуля. Например, когда электронагреватель мощностью 1 кВт работает в течение часа, то, имея в виду, что $1 \text{ ч} = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ с}$, количество затраченной энергии равно $1 \text{ кВт} \times 3600 \text{ с}$, т. е. $3\,600\,000 \text{ Дж}$.

Можно посчитать, во что обойдётся использование обычного электроприбора, умножив количество потребляемой им энергии (в киловаттах) на цену за киловатт.

Значения приставок в системе СИ

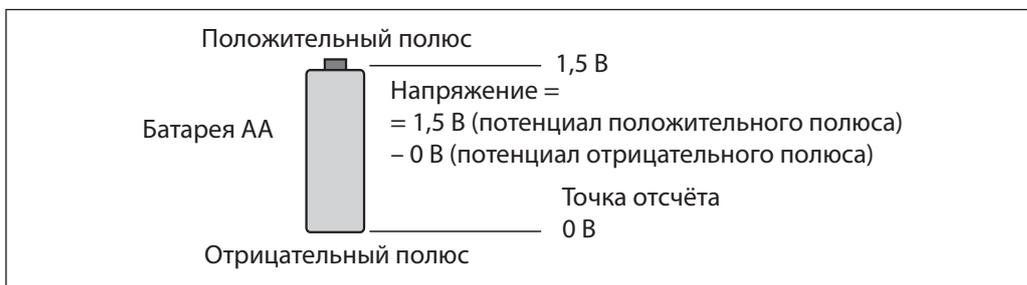
1000 Вт можно записать в виде 1 кВт, так как буква «к», стоящая перед Вт, обозначает слово *кило* и заменяет число 1000 или 10^3 . Но можно использовать и другие приставки: 3 600 000 джоулей (Дж) равно 3,6 мегаджоулей (3,6 МДж). Такие приставки для разных чисел, кратных 10, называются *приставками системы СИ*. Их выбирают по общепризнанным правилам определения единиц измерения, указанных в *международной системе единиц СИ* (от *Systeme International, SI*). Наиболее распространённые приставки приведены в таблице.

Приставки в системе СИ, применяемые для выражения электрических величин

Обозначение		Приставка	Значение
русское	международ.		
Т	T	тера	$10^{12} = 1000\ 000\ 000\ 000$
Г	G	гига	$10^9 = 1000\ 000\ 000$
М	M	мега	$10^6 = 1000\ 000$
к	k	кило	$10^3 = 1000$
м	m	мили	$10^{-3} = 0.001$
мк	μ	микро	$10^{-6} = 0.000\ 001$
н	n	нано	$10^{-9} = 0.000\ 000\ 001$
п	p	пико	$10^{-12} = 0.000\ 000\ 000\ 001$

НАПРЯЖЕНИЕ И ПОТЕНЦИАЛ

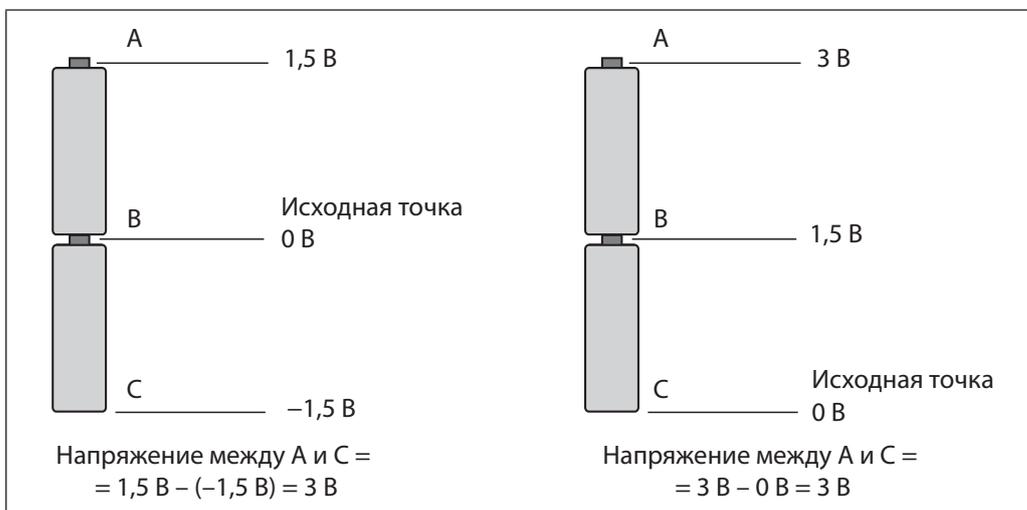
Электричество течёт от точки с высоким потенциалом к точке с низким потенциалом. Разность потенциалов между двумя точками называется *напряжением*. Рассмотрим батарею АА. Пусть отрицательный полюс будет исходной точкой, тогда потенциал отрицательного полюса равен 0 В, а потенциал положительного полюса равен 1,5 В. Разность потенциалов между положительным и отрицательным полюсами — это *напряжение* батареи.



Напряжение питания батареи AA.

Если установить батареи друг на друга и исходной точкой сделать точку В, потенциал точки А окажется равным 1,5 В, потенциал точки В — 0 В, а потенциал точки С — -1,5 В. Напряжение между точками А и С можно получить вычитанием потенциала точки С из потенциала точки А; напряжение в этом случае равно 3 В. Если за исходную точку принять точку С, её потенциал будет равен 0 В, потенциал точки В — 1,5 В, а потенциал точки А — 3 В. Напряжение по-прежнему останется 3 В.

Чем больше разность электрических потенциалов, тем выше напряжение.



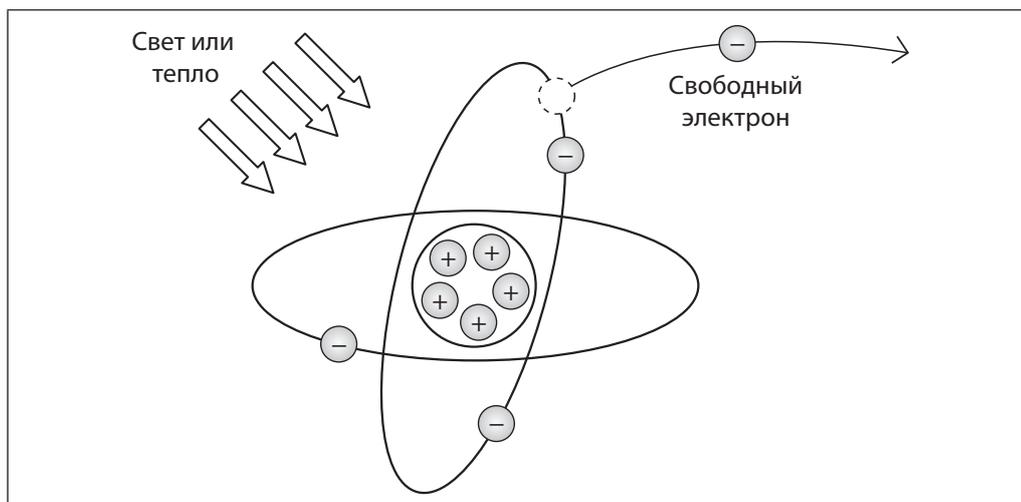
Напряжение при последовательном включении двух батарей.

⚡ СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Все вещества состоят из атомов. Атом содержит электроны и ядро, которое в свою очередь состоит из протонов и нейтронов. Так как протоны имеют положительный заряд, а нейтроны электрически нейтральны, само ядро заряжено положительно. С другой стороны, электроны обладают отрицательным зарядом. Но так как величина заряда протонов и электронов одинакова, а их заряды противоположны по знаку, атом, как правило, электрически нейтрален.

Количество электричества любых тел (в том числе и таких частиц, как протон и нейтрон) называется *электрическим зарядом*. Эту величину обозначают буквой Q , а в качестве единицы измерения используется кулон (Кл), названный так в честь французского исследователя электричества Шарля Огюстена де Кулона. Заряд электрона является наименьшим электрическим зарядом, существующим в природе.

Электрон  $e = 1.602 \times 10^{-19}$ Кл



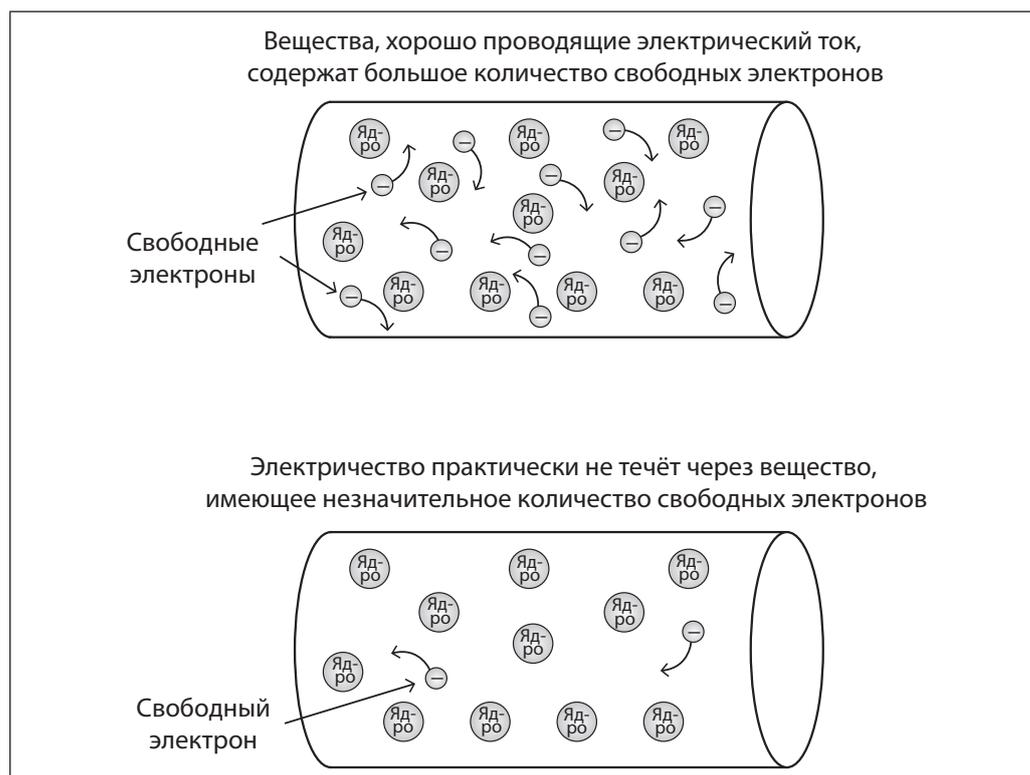
Сход электрона с внешней оболочки.

Электроны в атоме движутся по орбитам, которые называются *электронными оболочками*. Так как электроны, находящиеся на самых удалённых от центра оболочках, притягиваются ядром слабее, чем электроны ближних к ядру оболочек, эти дальние электроны могут сходить с орбит под влиянием какой-то внешней энергии, на-

пример тепла или света. Сошедший с орбиты электрон может свободно перемещаться, и в этом случае его называют *свободным электроном*. В таком веществе, как медь, или в других металлах, легко проводящих электричество, много свободных электронов, и, если к такому веществу приложить напряжение, все свободные электроны станут двигаться в одном направлении.

Именно в этом заключается природа электрического тока, текущего по проводам. Наиболее удалённая электронная оболочка атома называется *внешней оболочкой*, а электроны на этой оболочке называются *валентными электронами*.

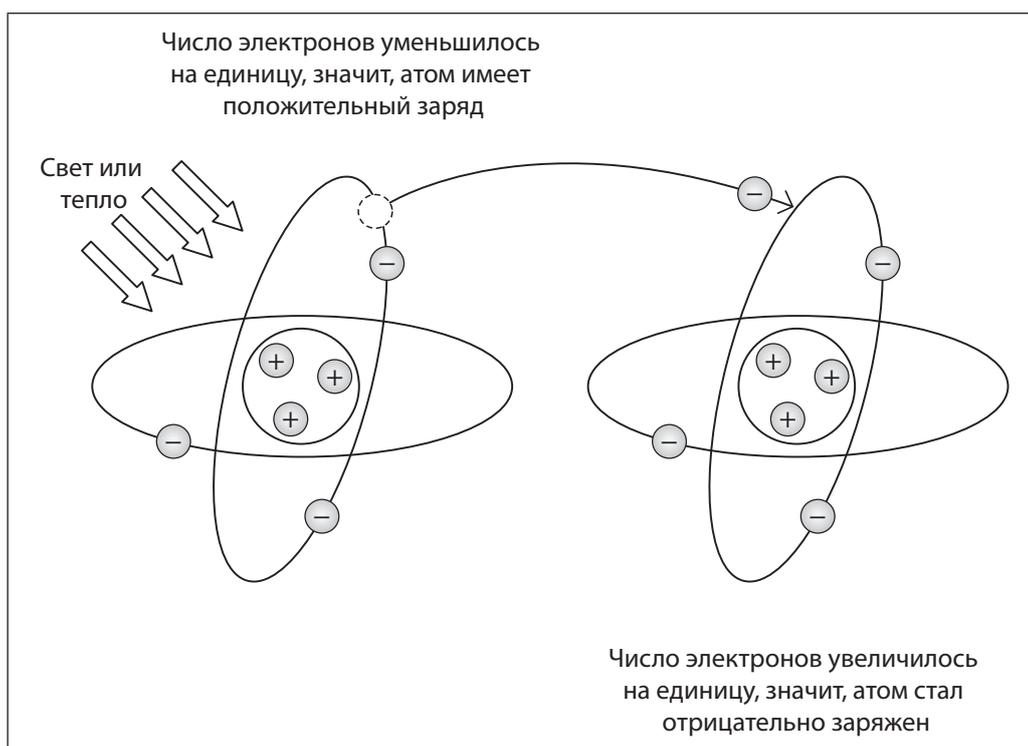
Общее количество электронов в атоме равно *атомному числу* этого атома. Хотя есть много атомов с высокими атомными числами и большим количеством электронов, такие вещества не обязательно хорошо пропускают электричество, — это свойство зависит от числа свободных электронов.



Разные материалы имеют разное количество свободных электронов.

⚡ СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ

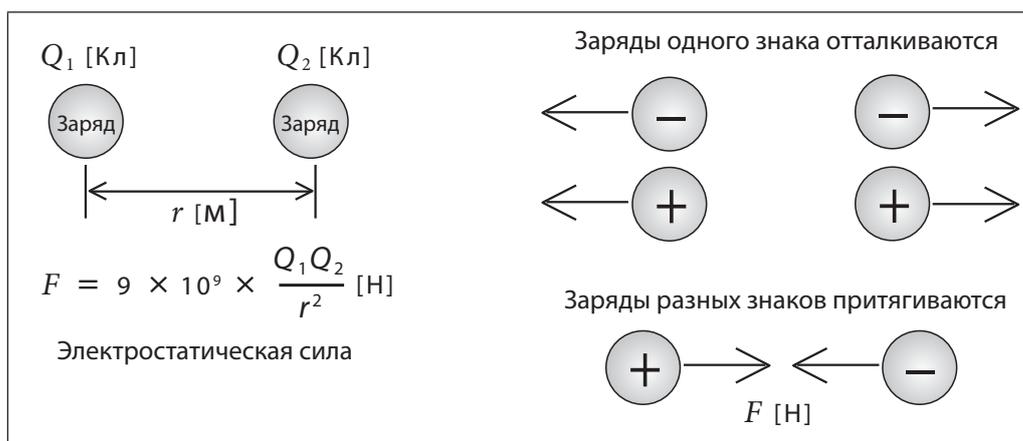
Когда поверхности двух веществ трутся друг о друга, их атомы сталкиваются, и слабо удерживаемые атомами электроны одного вещества могут сойти со своих орбит и перейти к атомам другого вещества. В этом случае вещество, утратившее электроны, становится положительно заряженным, а вещество, получившее электроны, — отрицательно заряженным. Вещество, получившее электричество таким способом, называют *электризованным*, а так как это электричество статично (т. е. оно не течёт), его называют *статическим электричеством*. Количество положительного заряда, получаемого при электризации, всегда равно количеству отрицательного заряда. Так как статическое электричество возникает при трении, его ещё называют *электричеством трения*.



Движение электронов и электризация.

⚡ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ СИЛА (СИЛА КУЛОНА)

Заряд измеряют в *кулонах* и обозначают буквой Q , по первой букве словосочетания quantity of charge (количество заряда). Название единицы измерения — кулон (или краткое обозначение — Кл) — дано в честь Шарля Огюстена де Кулона, французского физика, изучавшего электричество.



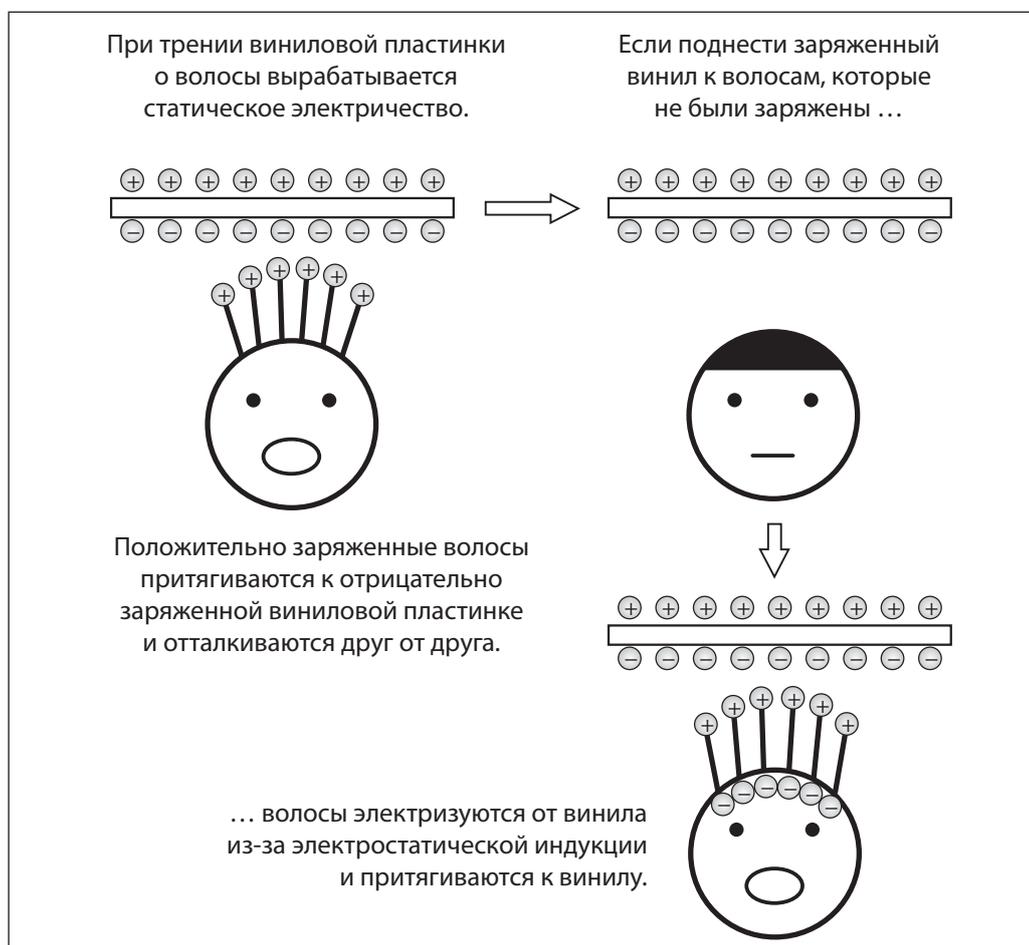
Электростатическая сила, действующая между зарядами, и закон Кулона.

Между двумя зарядами действует *электростатическая сила*, также известная как *сила Кулона*. Эта сила отталкивает заряды одного знака друг от друга, а заряды разных знаков притягивает друг к другу. Электростатическая сила F (как притяжения, так и отталкивания), действующая между двумя зарядами, прямо пропорциональна произведению Q_1 и Q_2 и обратно пропорциональна квадрату расстояния между зарядами. Силу F измеряют в ньютонах (Н), а расстояние r — в метрах. Чем больше величина зарядов и меньше расстояние, тем больше возникшая в результате электростатическая сила. Это правило называют *законом Кулона*.

Если волосы человека потереть виниловой пластинкой, то возникнет статическое электричество, волосы получают положительный заряд, винил — отрицательный, и в результате действия электростатической силы волосы прилипнут к винилу.

Если же отрицательно заряженную виниловую пластинку поднести к волосам, которые не были заряжены, волосы зарядятся положительно и прилипнут к винилу. Явление, при котором что-то неза-

ряженное электризуется, когда его подносят близко к чему-то заряженному, называют *электростатической индукцией*.

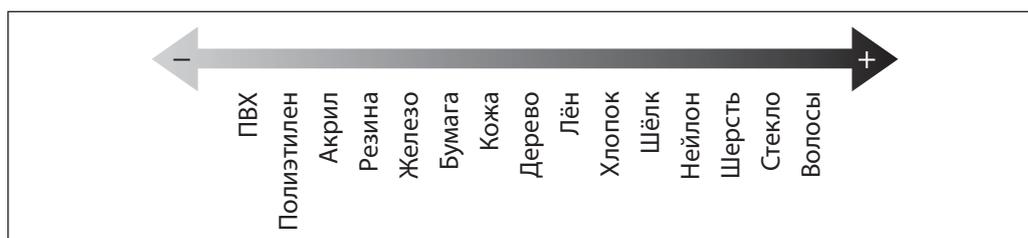


Электростатическая индукция.

ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РЯД

Статическое электричество легче возникает в сухом воздухе, так как влажность затрудняет его скопление на поверхности предмета. Некоторые виды одежды легко становятся заряженными, а некоторые нет. Это зависит от вида материала. Так как шёлк хорошо впитывает воду и содержит гораздо больше влаги, чем синтетика, он может снизить вероятность появления статического электричества.

Полярность зарядов, возникающих при трении, зависит от свойств трущихся материалов. Эти различия представлены *трибоэлектрическим рядом*. Например, если потереть друг о друга волосы и хлопок, волосы получают положительный заряд, а хлопок — отрицательный. Но если взять хлопок и винил, то хлопок станет положительным, а винил — отрицательным.



Трибоэлектрический ряд.

Чем дальше друг от друга отстоят материалы в этом ряду, тем больше статического электричества вырабатывается между ними при трении, а чем ближе они расположены в ряду, тем статического электричества меньше. Другими словами, появление статического электричества можно уменьшить, если носить одежду, сшитую из материалов, стоящих рядом в трибоэлектрическом ряду.

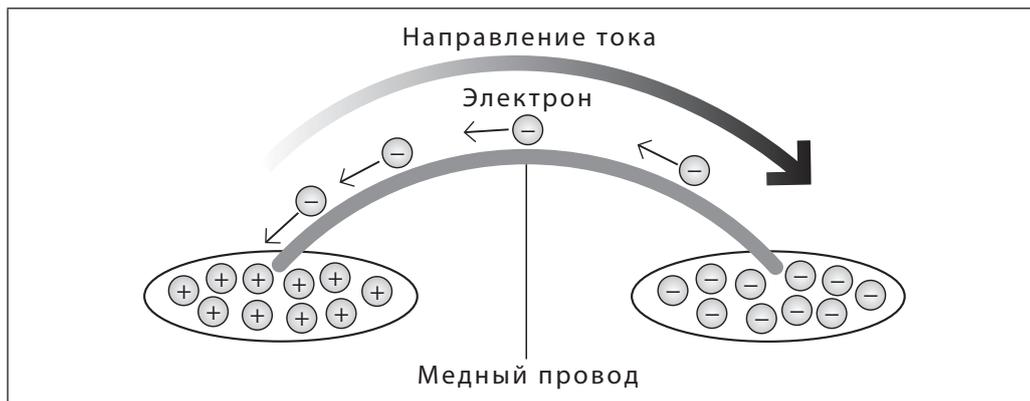
⚡ ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯДА И НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА

Молния — это явление, также связанное со статическим электричеством. Она возникает, когда статическое электричество, скопившееся из-за трения частиц льда в облаке, разряжается в землю или в другое облако. В случае с молнией между положительными и отрицательными зарядами находится воздух, который является хорошим изолятором и плохо пропускает электрический ток, поэтому разряд так просто не происходит.

Когда же накапливается большое количество зарядов и разность потенциалов между положительно и отрицательно заряженными областями становится чрезвычайно велика, изоляция воздуха внезапно нарушается и происходит *электрический разряд*. Область разряда представляет собой хороший проводник, образованный ионизированными молекулами воздуха, и по нему, как по обычному проводу, начинает течь *ток*.

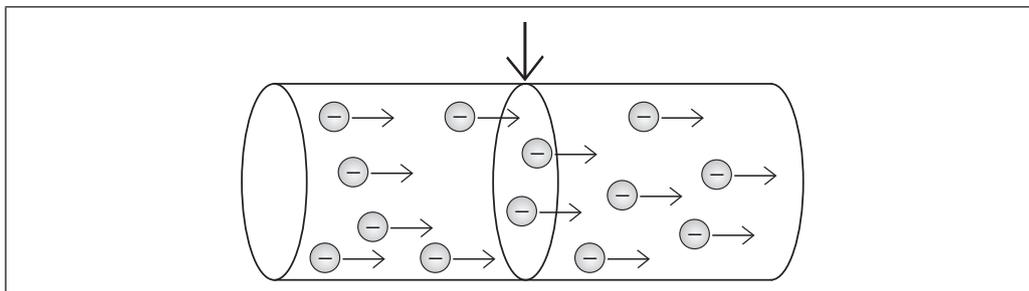
Давным-давно, когда электричество было ещё очень мало изучено, люди приняли, что электрический ток течёт от плюса к минусу.

Однако потом выяснилось, что природа электрического тока заключена в электронах, которые движутся от минуса к плюсу. В результате оказалось, что направление движения электронов противоположно направлению электрического тока.



Направление тока и направление движения электронов.

Сила тока — это заряд (количество электричества), протекающий через поперечное сечение проводника за секунду.



Протекание тока через поперечное сечение проводника.

Например, когда за одну секунду заряд 1 Кл проходит через заданное сечение проводника, можно вычислить ток I . Для этого нужно поделить заряд (Q) в кулонах на время (t) в секундах:

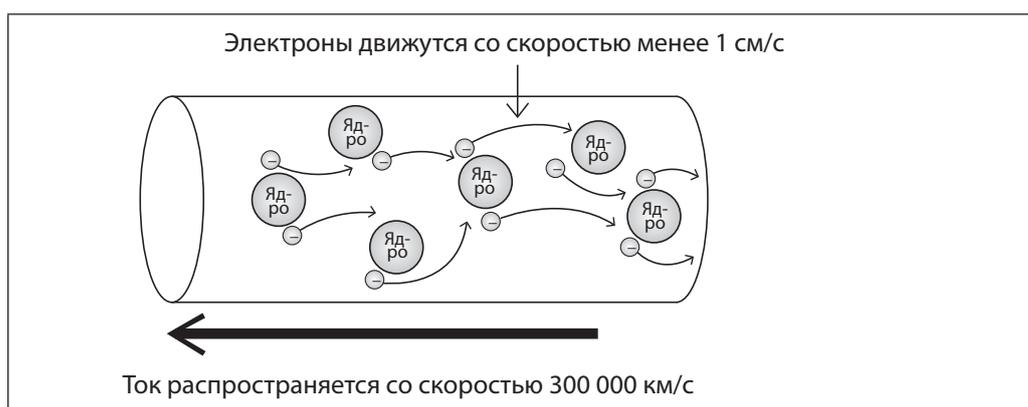
$$I = Q/t = 1 \text{ Кл}/1 \text{ с} = 1 \text{ А.}$$

Количество электронов, протекающих при токе 1 А, можно найти, разделив 1 Кл на заряд 1 электрона, выраженный в кулонах:

$$\frac{1 \text{ Кл}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ Кл}} = 6,24 \times 10^{18} \text{ электронов.}$$

Другими словами, когда течёт ток 1 А, за секунду через сечение проводника проходит $6,24 \times 10^{18}$ электронов.

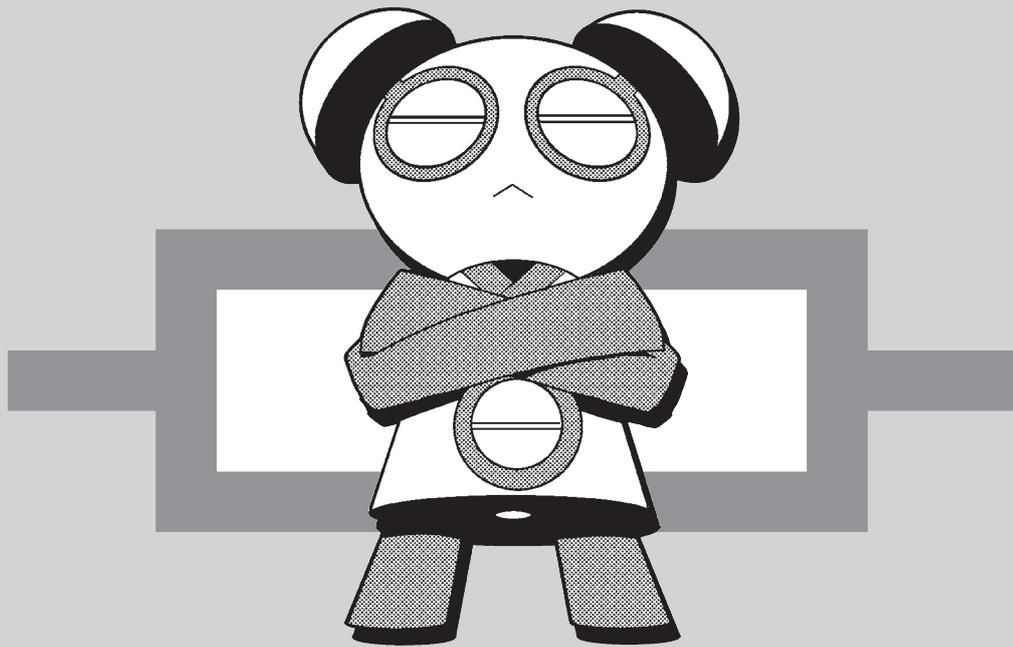
Скорость, с которой движутся электроны, очень мала — менее 1 см/с. Однако скорость, с которой движение электрона передается к соседним электронам, равна скорости света — 300 000 км/с. Следовательно, ток также течёт со скоростью 300 000 км/с.



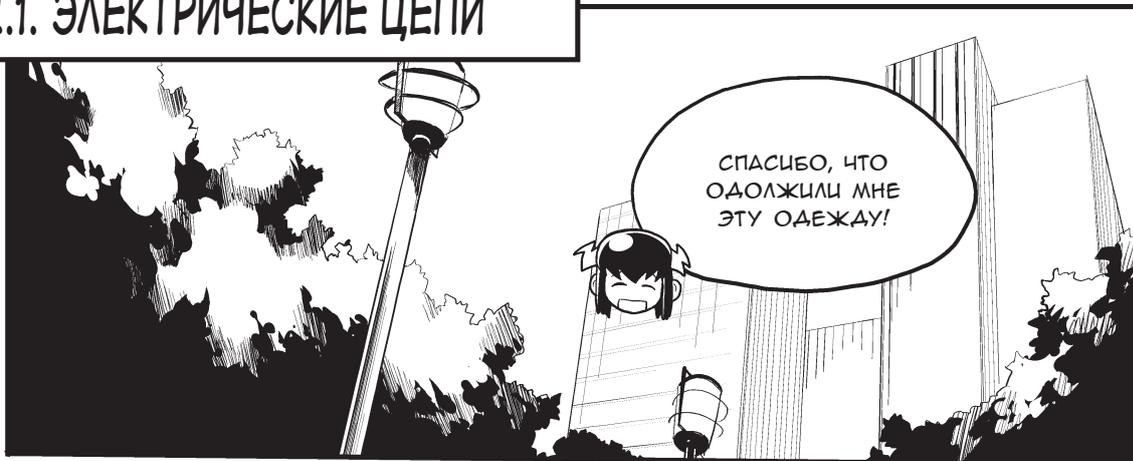
Скорость движения электронов и скорость протекания тока.

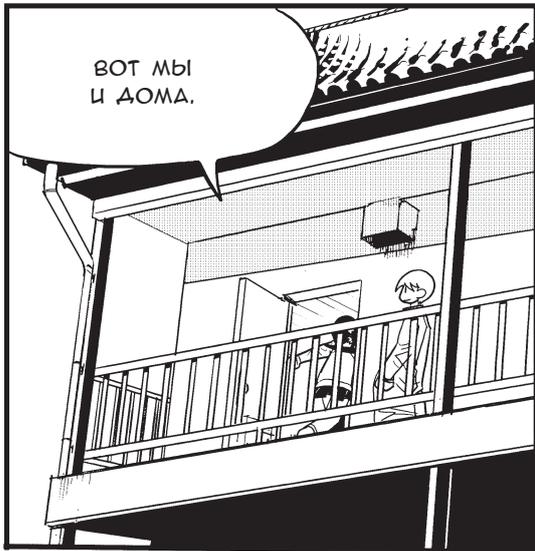


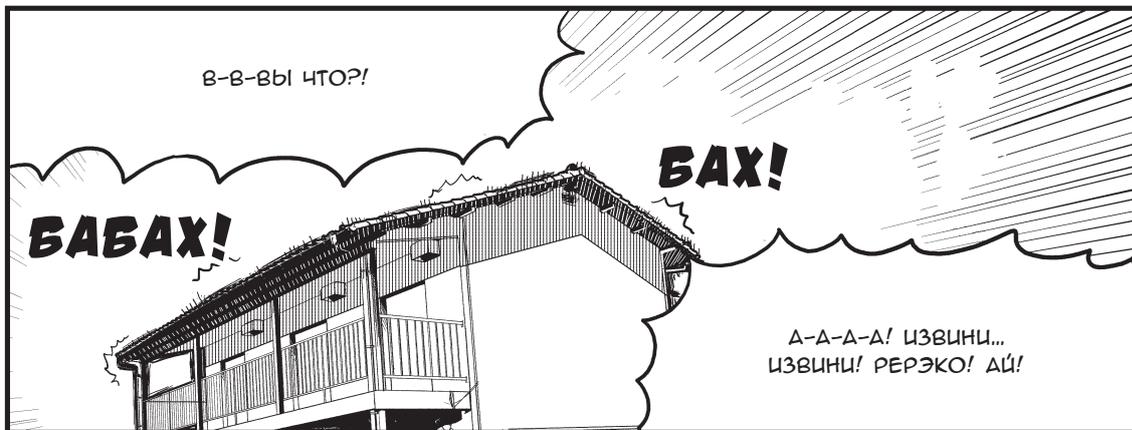
ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ



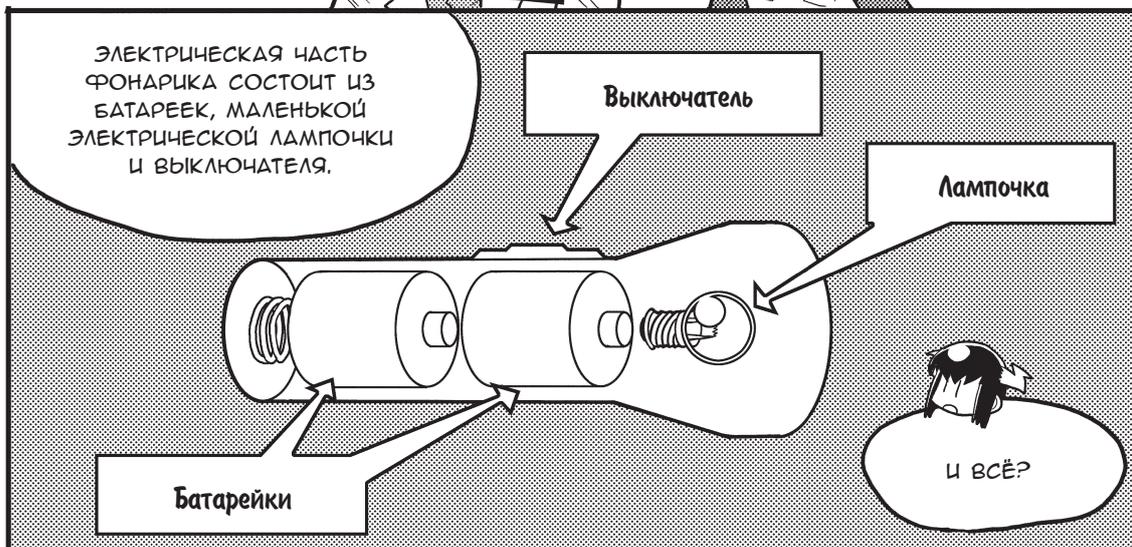
2.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

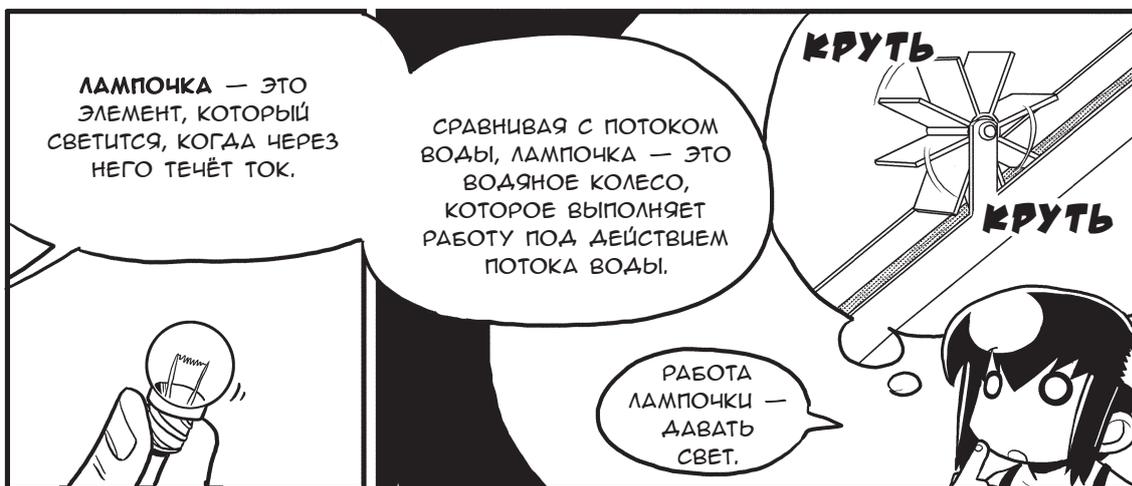






⚡ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ФОНАРИКА

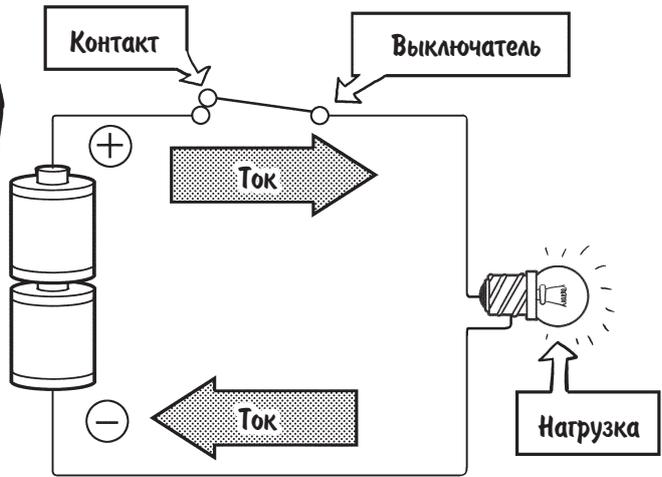




ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ЦЕПЬ ЗАМЫКАЕТСЯ И НАЧИНАЕТ ТЕЧЬ ТОК. ТОК ТЕЧЁТ ОТ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА БАТАРЕЙКИ ЧЕРЕЗ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ И ЛАМПОЧКУ И ВОЗВРАЩАЕТСЯ ОБРАТНО К ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ.



Источник питания



ПУТЬ, ПО КОТОРОМУ ТЕЧЁТ ТОК, НАЗЫВАЮТ **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ**. ОНА ВСЕГДА ИМЕЕТ ЗАМКНУТУЮ ФОРМУ (ЗАМКНУТАЯ ЦЕПЬ).

⚡ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

НАПРЯЖЕНИЕ, КОТОРОЕ ПОСТУПАЕТ ОТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ, НАЗЫВАЮТ **НАПРЯЖЕНИЕМ ПИТАНИЯ** ИЛИ **ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛОЙ**.



ЭЛЕМЕНТ, ПРЕОБРАЗУЮЩИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ В СВЕТОВУЮ ИЛИ ТЕПЛОВУЮ, НАЗЫВАЮТ **НАГРУЗКОЙ**.

Я ПОНЯЛА!
В ФОНАРИКЕ
ЛАМПОЧКА — ЭТО
НАГРУЗКА, ТАК?

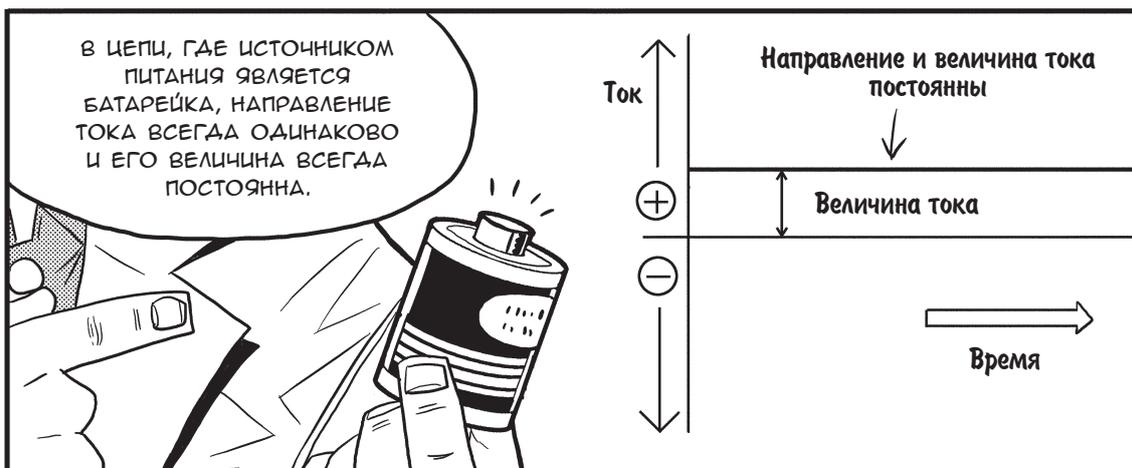
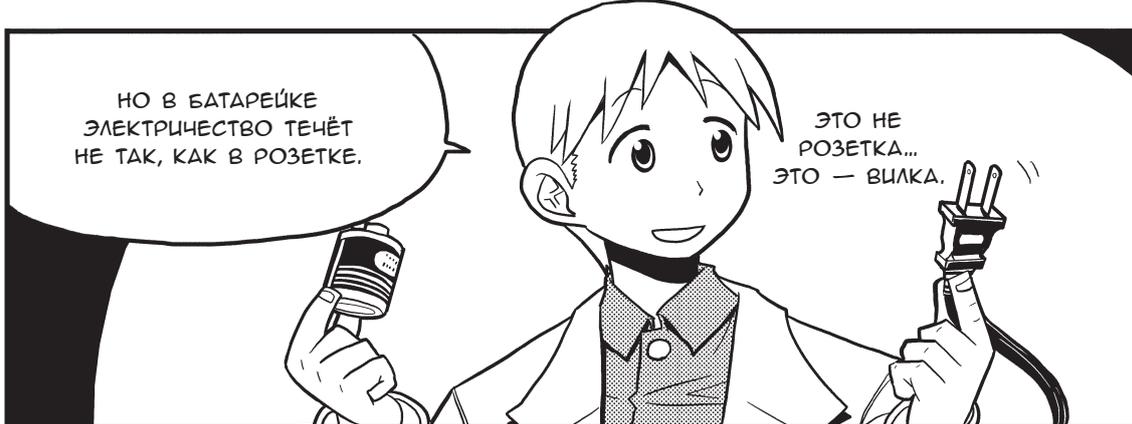
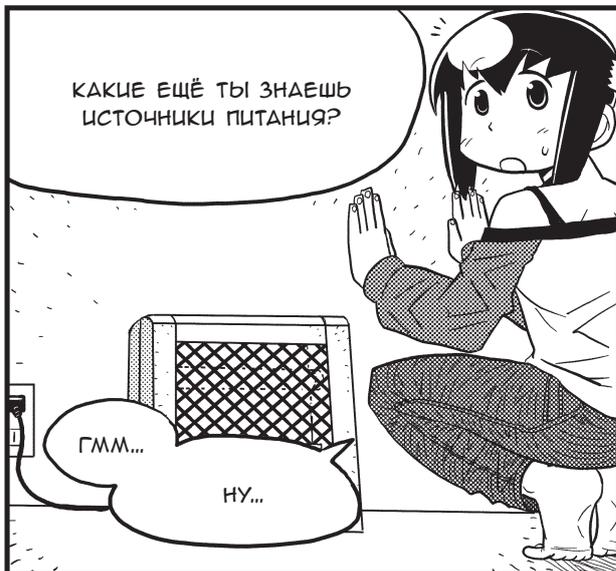


ВЕРНО!

НАГРУЗКА ТАКЖЕ ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВОМ, ЗАТРУДНЯЮЩИМ ПРОТЕКАНИЕ ТОКА, И ЭТО СВОЙСТВО НАЗЫВАЮТ **ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ** ИЛИ ПРОСТО СОПРОТИВЛЕНИЕМ.







ТОК, НАПРАВЛЕНИЕ И ВЕЛИЧИНА КОТОРОГО НЕ ИЗМЕНЯЮТСЯ, НАЗЫВАЮТ **ПОСТОЯНЫМ ТОКОМ (DC)**. ЦЕПЬ, В КОТОРОЙ ТЕЧЁТ ТАКОЙ ТОК, НАЗЫВАЮТ **ЦЕПЬЮ ПОСТОЯННОГО ТОКА**.

БАТАРЕЙКА ВЫДАЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПОСТОЯННОГО ТОКА, ТАК?

Постоянный ток (DC)

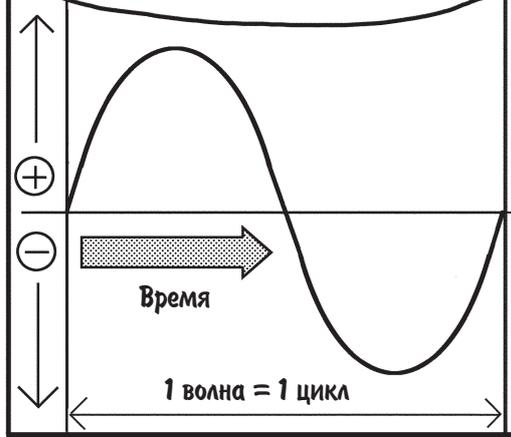
ДА, И ТАКОГО РОДА ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НАЗЫВАЮТ **ИСТОЧНИКОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА**.

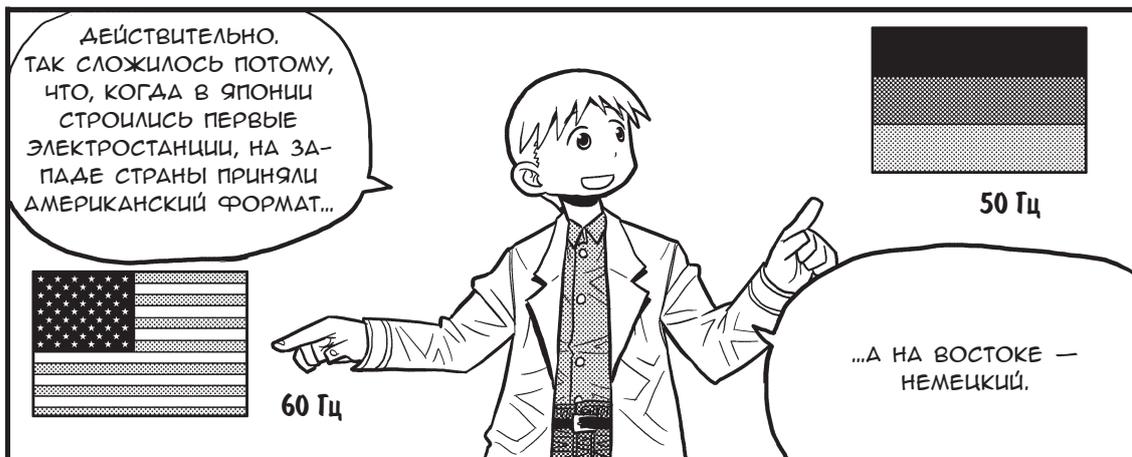
НО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В РОЗЕТКЕ — ЭТО НЕ ПОСТОЯННЫЙ ТОК?

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В РОЗЕТКЕ НАЗЫВАЮТ **ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ**, ПОТОМУ ЧТО ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ ВСЁ ВРЕМЯ МЕНЯЕТСЯ.

УГУ! НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА МЕНЯЕТСЯ ПЯТЬДЕСЯТ ИЛИ ШЕСТЬДЕСЯТ РАЗ В СЕКУНДУ, И ВЕЛИЧИНА ТОКА ТОЖЕ МЕНЯЕТСЯ, ОБРАЗУЯ НА ГРАФИКЕ КРАСИВУЮ ВОЛНУ.

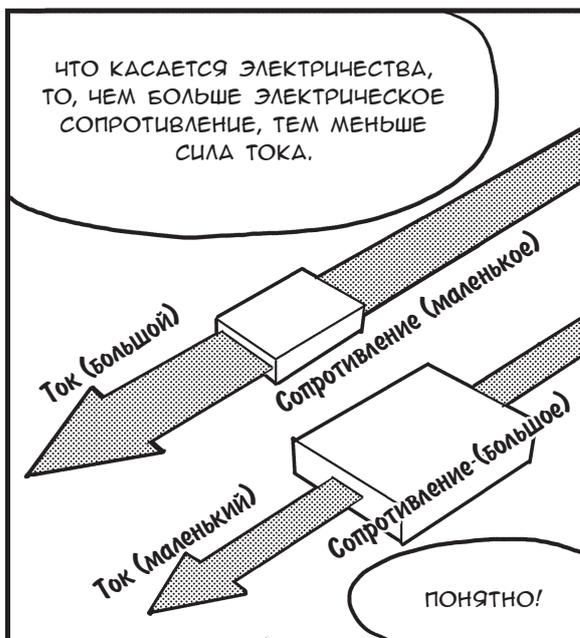
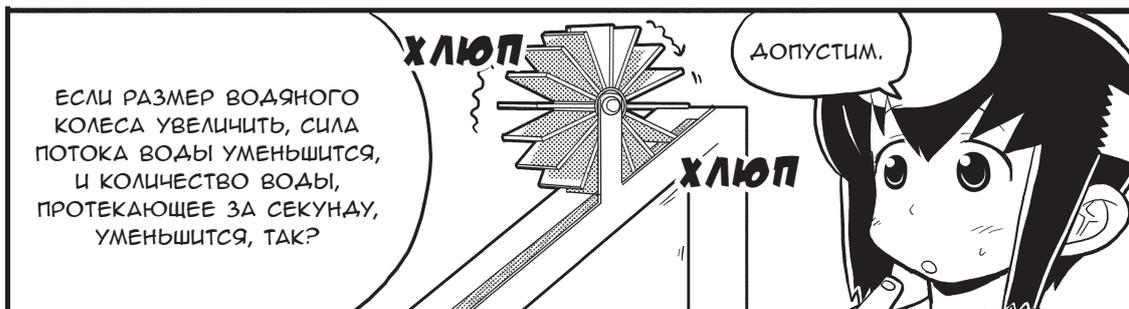
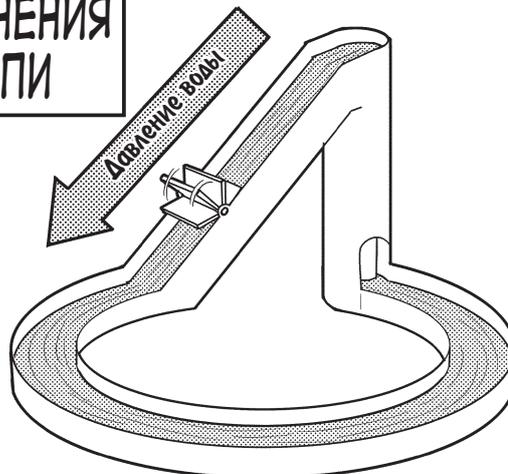
ХОТИТЕ СКАЗАТЬ, ЧТО ТОК ТЕЧЁТ ТО В ОДНУ СТОРОНУ, ТО В ДРУГУЮ?

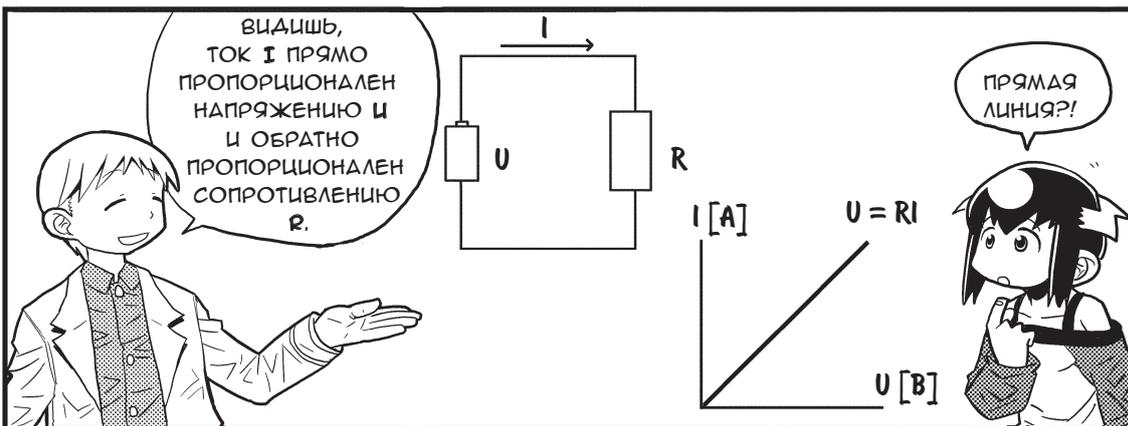




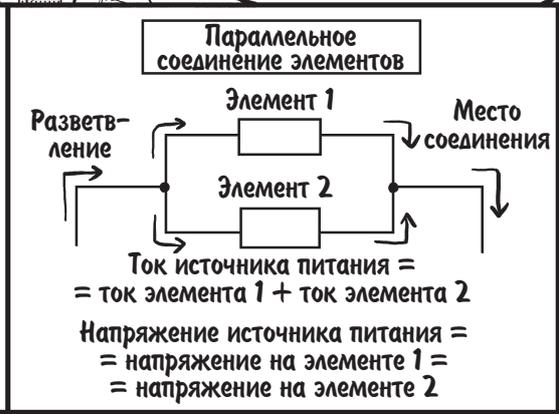
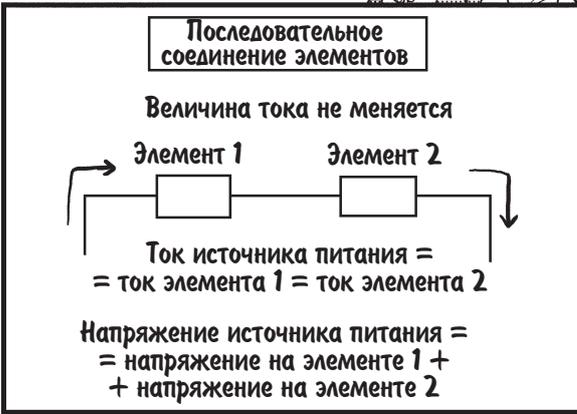


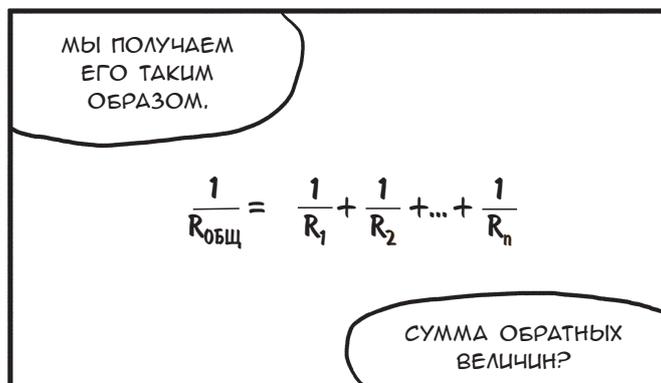
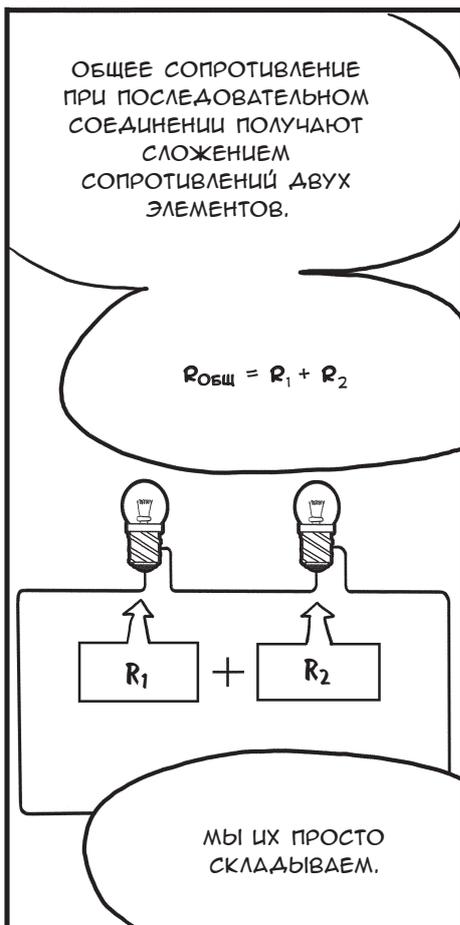
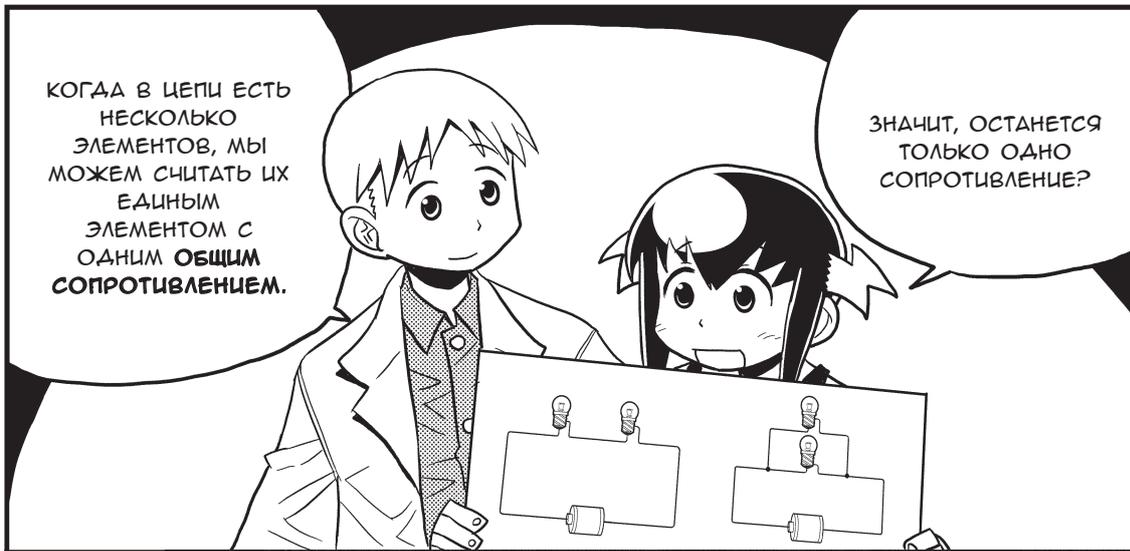
2.2. ЗАКОН ОМА И СПОСОБЫ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ





⚡ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ





ДЛЯ ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЩЕЕ
СОПРОТИВЛЕНИЕ РАВНО

$$R_{\text{общ}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

(произведение, делённое на сумму)



ДАВАЙ ОСТАНОВИМ
ТВОЮ ГОЛОВУ
И СПОКОЙНО СО
ВСЕМ РАЗБЕРЁМСЯ,
ХОРОШО?



ЕСЛИ ДВЕ ОДИНАКОВЫХ
ЛАМПОЧКИ СОЕДИНЕНЫ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО,
СОПРОТИВЛЕНИЕ
ВОЗРАСТАЕТ В ДВА РАЗА,
ТАК?



ЧТОБЫ ДВЕ ЛАМПОЧКИ
СВЕТИЛИ ТАК ЖЕ ЯРКО,
КАК И ОДНА ЛАМПОЧКА,
МЫ ДОЛЖНЫ УДВОИТЬ
НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ.



ЕСЛИ ЖЕ МЫ СОЕДИНЯЕМ ЛАМПОЧКИ ПАРАЛЛЕЛЬНО, ТО К КАЖДОЙ ЛАМПОЧКЕ ПРИКЛАДЫВАЕТСЯ ОДИНАКОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, А ЗНАЧИТ, ЧЕРЕЗ НИХ ТЕЧЁТ ОДИНАКОВЫЙ ТОК, И ЯРКОСТЬ КАЖДОЙ ЛАМПОЧКИ НЕ МЕНЯЕТСЯ. ОДНАКО ИХ ОБЩИЙ ТОК УДВАИВАЕТСЯ.

Хотя ток разветвляется. величина тока, протекающего через каждую лампочку, одинакова.

ДРУГИМИ СЛОВАМИ, НАМ НУЖЕН ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ, ВЫДАЮЩИЙ В ДВА РАЗА БОЛЬШОЙ ТОК.

КАЖЕТСЯ, Я НАЧИНАЮ ПОНИМАТЬ.

БЫТОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ ТОЖЕ ИМЕЮТ СОПРОТИВЛЕНИЕ. МЫ МОЖЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНО ПОДСОЕДИНИТЬ МНОГО ПРИБОРОВ К ИСТОЧНИКУ ПИТАНИЯ 220 В ЧЕРЕЗ АВТОМАТ.

СЛЕДОВАТЕЛЬНО, К КАЖДОМУ ПРИБОРУ ПРИКЛАДЫВАЕТСЯ НАПРЯЖЕНИЕ 220 В.

220 В к каждому прибору

ХЛОП-ХЛОП!

Я ПОНЯЛА!

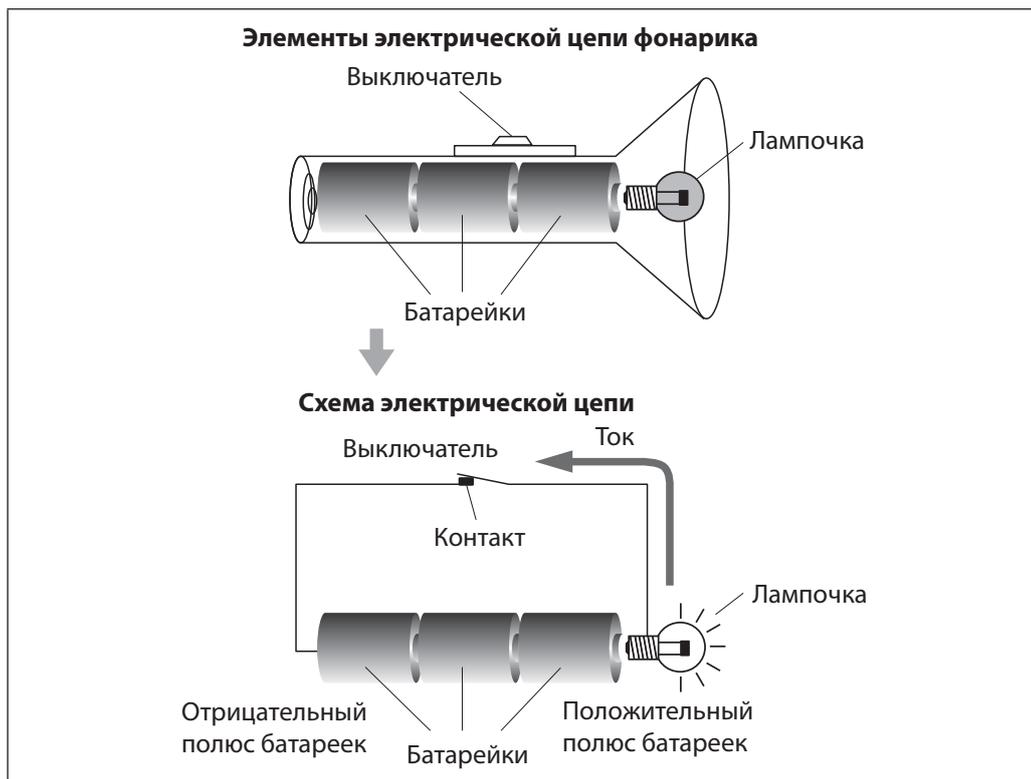


2.3. ДАВАЙТЕ РАЗБЕРЁМСЯ!

⚡ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И ТОК

Фонарик можно рассматривать как электрическую цепь, элементами которой являются батарейки, миниатюрная лампочка и выключатель. Батарейка обладает способностью заставлять течь ток, поэтому она называется *источником питания*. Лампочка — это элемент, испускающий свет, когда через него течёт ток. Выключатель — это элемент, разрешающий или запрещающий току течь в зависимости от того, разомкнут или замкнут контакт.

Когда контакт в выключателе замкнут, ток течёт от положительного полюса батареи через лампочку и выключатель и возвращается к отрицательному полюсу. Путь, по которому течёт ток, называется *электрической цепью*, которая всегда имеет замкнутую форму (*замкнутая цепь*).



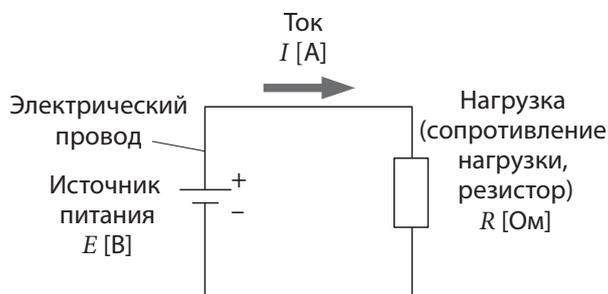
Электрическая цепь фонарика.

⚡ ГРАФИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ

Простая электрическая цепь характеризуется тремя составляющими: напряжением источника питания, током в цепи и электрическим сопротивлением элементов цепи. Все элементы соединены проводниками.

Напряжение питания, заставляющее ток течь, называют *электродвижущей силой* (ЭДС). Элемент, преобразующий электрическую энергию в свет или в тепло в момент прохождения тока, называют *нагрузкой* (нагрузка может также преобразовывать электроэнергию в энергию другого вида, например в звук или в движение). Нагрузка обладает способностью препятствовать движению тока, и это свойство называют *электрическим сопротивлением* или просто *сопротивлением*. Сопротивление обозначают буквой R и измеряют его в *омах* (Ом). Эта единица измерения названа в честь немецкого физика Георга Саймона Ома.

Если бы электрические схемы изображали так, как они выглядят на самом деле, то на их рисование уходило бы много сил и времени. Обычно для схематичного изображения используют графические символы. Существование стандартных графических символов позволяет легко понять схему электрической цепи, нарисованную кем-то другим.



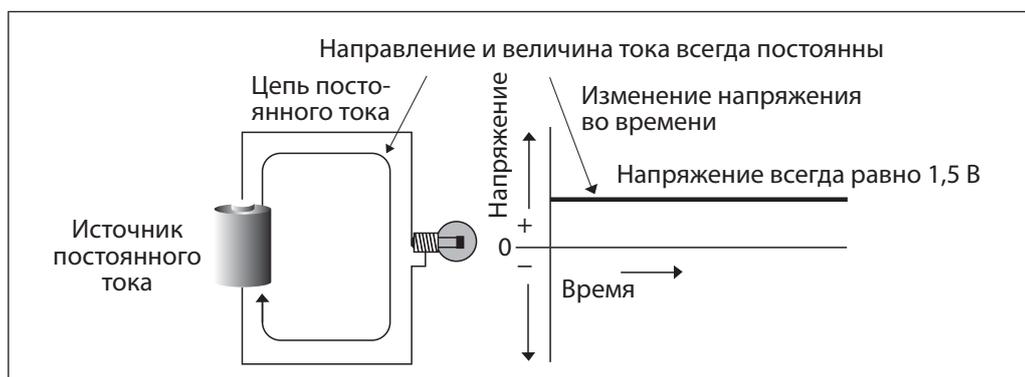
Электрическая цепь и графические символы элементов цепи.

Примерами приборов, обладающих электрическим сопротивлением, являются электронагреватели и тостеры. Нагревательный элемент этих приборов во время протекания через него тока преобразует электроэнергию в тепло. Заметим, что электрический провод, используемый в электрических цепях, также обладает электрическим сопротивлением, и, хотя его сопротивление мало, в момент прохождения тока тепло на нём всё равно выделяется.

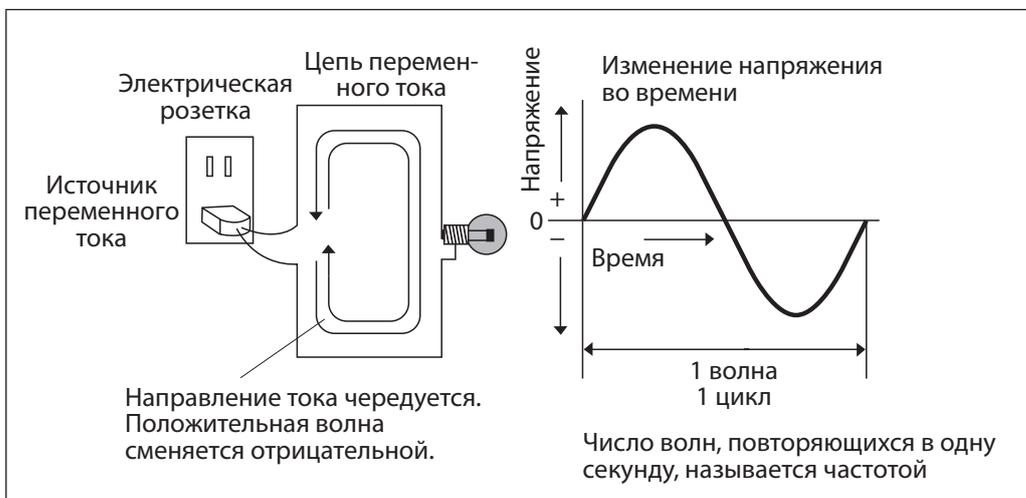
⚡ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В цепи, где источником питания является батарейка, направление тока неизменно и величина тока тоже постоянна. Такую форму электричества, когда направление тока и его величина неизменны, мы называем *постоянным током* (DC — от англ. *direct current*), а цепь, в которой течёт постоянный ток, — *цепью постоянного тока*. Источник питания, обеспечивающий постоянный ток, например батарейку, называют *источником постоянного тока*. Батарейки размера D или AA имеют напряжение 1,5 В.

Однако направление и величина тока, который вырабатывается и передаётся электростанциями в наши дома, циклически изменяются. Этот вид электричества называется *переменным током* (AC — от англ. *alternative current*), а цепь, в которой течёт переменный ток, — *цепью переменного тока*. Направление тока меняется 50 или 60 раз в секунду, и его величина также изменяется циклично во времени. Число волн, повторяющихся за одну секунду, называют *частотой*, которая обозначается буквой f и измеряется в *герцах* (Гц). Величина переменного напряжения (напряжение переменного тока) в любой заданный момент называют *мгновенным напряжением*, и самое высокое мгновенное напряжение называют *пиковым напряжением*. При вычислении работы или мощности переменного тока нельзя пользоваться ни мгновенным, ни пиковым напряжением. Для таких расчётов используют *среднеквадратичное напряжение*, которое по мощности эквивалентно напряжению постоянного тока. Среднеквадратичное напряжение в 1,7 раза меньше пикового напряжения.

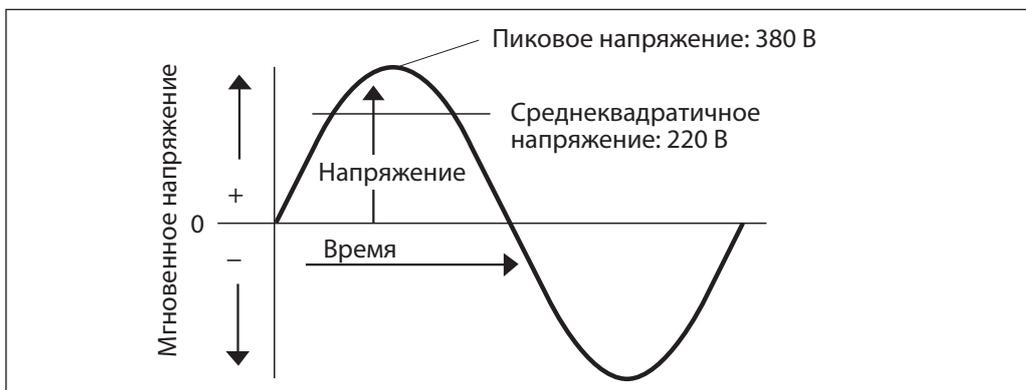


Постоянный ток.



Переменный ток.

В России переменное напряжение, подаваемое в дома и квартиры, равно 220 В, это и есть среднеквадратичное напряжение. Пиковое же напряжение равно примерно 380 В.



Напряжение переменного тока.

⚡ ЗАКОН ОМА

Значение тока в цепи прямо пропорционально напряжению и обратно пропорционально сопротивлению. Это соотношение называется *законом Ома* и может быть выражено формулой $I = U/R$. Это основное правило в электрических цепях.

Например, если к элементу, сопротивление которого равно 220 Ом, подключить источник напряжения 220 В, в цепи потечёт ток, равный $I = U/R = 220 \text{ В}/220 \text{ Ом} = 1 \text{ А}$. Если тебе известны любые два значе-

ния из трёх (ток, напряжение и сопротивление), ты всегда можешь вычислить неизвестную третью величину.



Закон Ома.

⚡ УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Электрический проводник имеет очень маленькое сопротивление и используется для соединения элементов цепи. Мы можем пренебречь сопротивлением проводника, если по нему течёт небольшой ток. Если же по нему потечёт большой ток, чем это рассчитано по требованию техники безопасности, проводник начнёт нагреваться.

Сопротивление (R) — это величина, показывающая, насколько трудно току течь по цепи. Сопротивление проводника длиной L метров и площадью поперечного сечения A квадратных метров равно

$$R = \rho \times L/A \text{ [Ом]}.$$

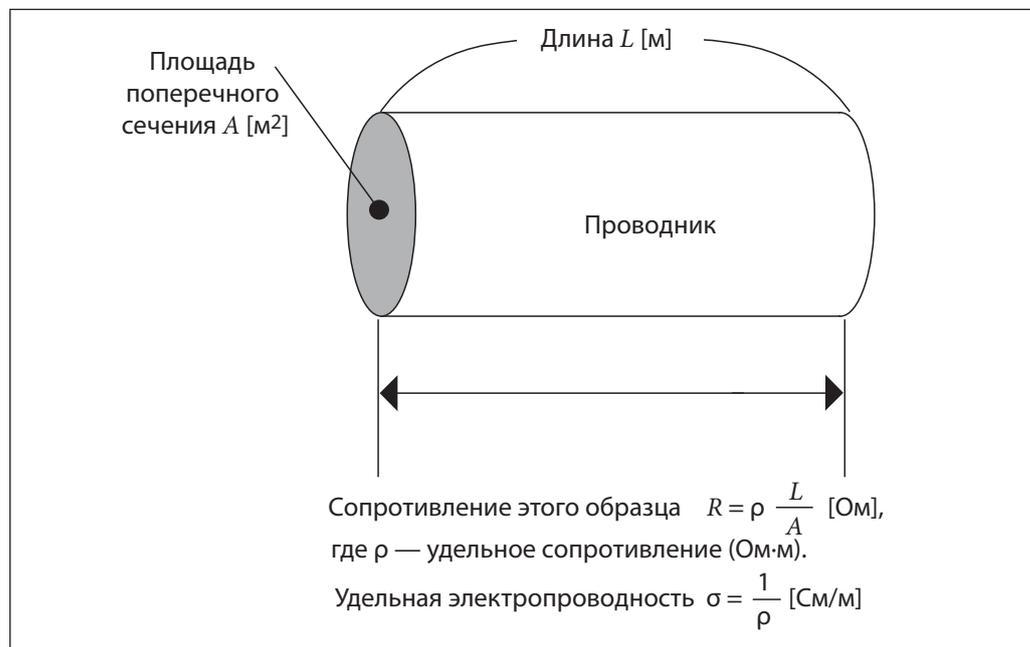
Удельное сопротивление, обозначаемое буквой ρ , — это значение сопротивления, обусловленное природой материала, и измеряется оно в *ом-метрах* (Ом·м). Из уравнения ясно, что для одного и того же материала величина сопротивления прямо пропорциональна длине и обратно пропорциональна площади поперечного сечения.

Электропроводность (G) — это величина, обратная сопротивлению и показывающая, насколько легко току течь по цепи. Единица электропроводности — *сименс* (См), названная в честь немецкого изобретателя Эрнста Вернера фон Сименса. Иногда эту единицу называют мо (ом, читаемый справа налево) и обозначают символом Ом^{-1} .

Удельная электропроводность, обозначаемая буквой σ , противоположна удельному сопротивлению и измеряется в *сименсах на метр* (См/м).

Удельное сопротивление (в ом-метрах) разных металлов при комнатной температуре (25°C)

Золото	$2,22 \times 10^{-8}$
Серебро	$1,59 \times 10^{-8}$
Медь	$1,69 \times 10^{-8}$
Алюминий	$2,27 \times 10^{-8}$
Нихром	$107,5 \times 10^{-8}$



Удельное сопротивление и удельная электропроводность.

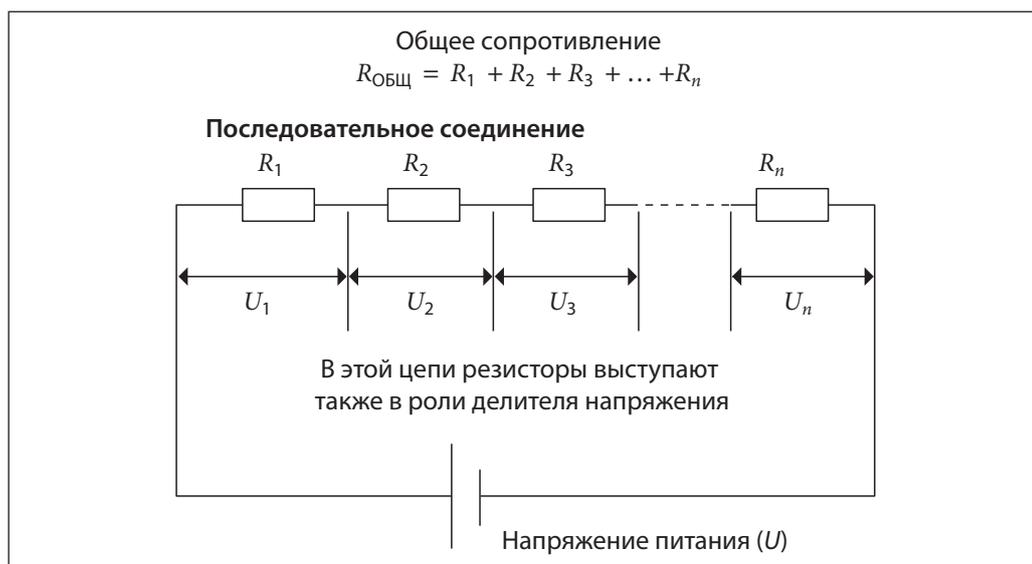
⚡ ОБЩЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Существует два основных способа соединения электрических элементов. Давай рассмотрим их с точки зрения сопротивления. Когда подключено несколько элементов, мы можем рассматривать их сопротивления как некоторое единое *общее сопротивление*.

Способ соединения элементов в ряд называется *последовательным соединением*. Значение общего сопротивления при последовательном соединении получают сложением значений сопротивлений всех элементов в цепи.

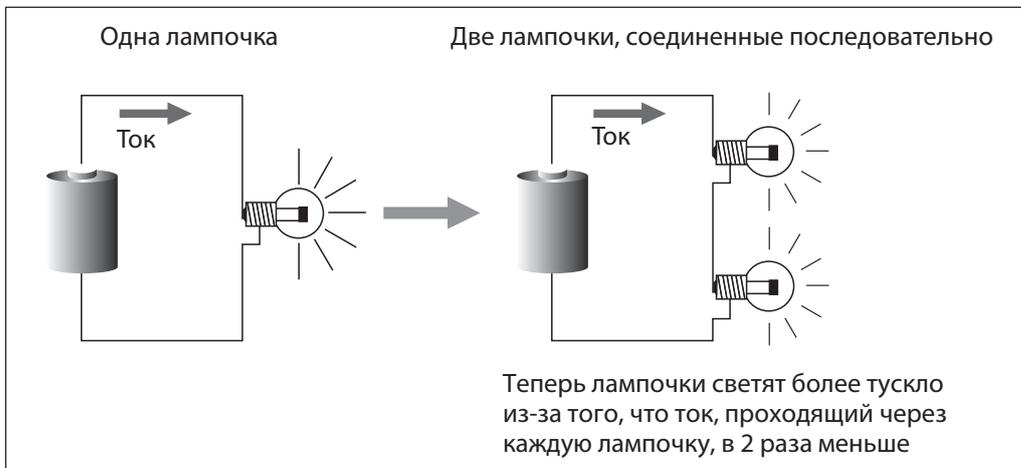
$$R_{\text{Общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

В этом соединении через каждый элемент течёт одинаковый ток. Кроме того, резисторы в этой цепи выполняют роль *делителя напряжения* питания.



Общее сопротивление при последовательном соединении.

Если две одинаковые лампочки соединены с источником питания последовательно, ток в цепи уменьшится в 2 раза и яркость каждой лампочки будет меньше, чем если бы в цепи была всего одна лампочка. Это происходит из-за того, что общее сопротивление выросло вдвое. В то же время напряжение на каждой лампочке будет в 2 раза меньше, чем напряжение питания.

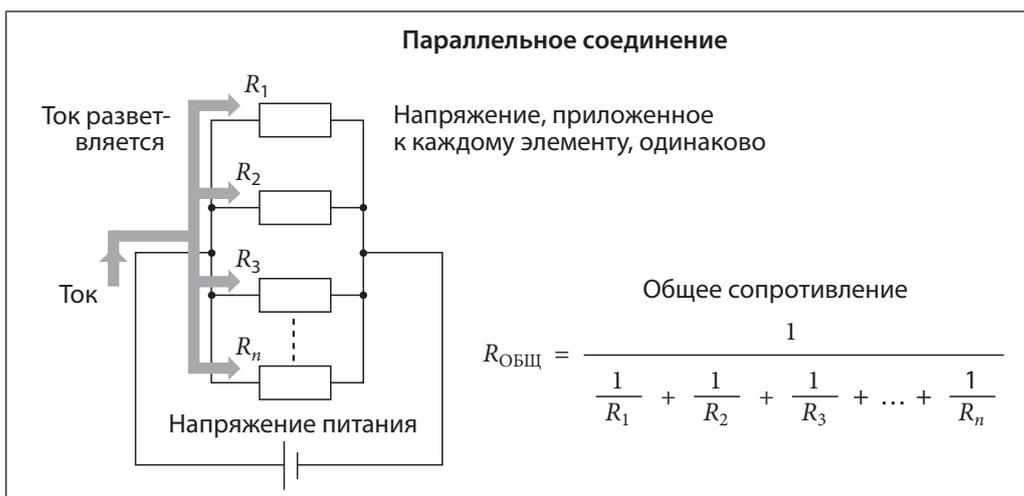


Последовательное соединение лампочек.

Другой основной способ соединения элементов в цепи называют *параллельным соединением*. В этом случае общее сопротивление можно получить, вычислив обратное значение от суммы обратных значений каждого сопротивления.

При параллельном соединении элементов общее сопротивление вычисляется по формуле

$$R_{\text{Общ}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} .$$

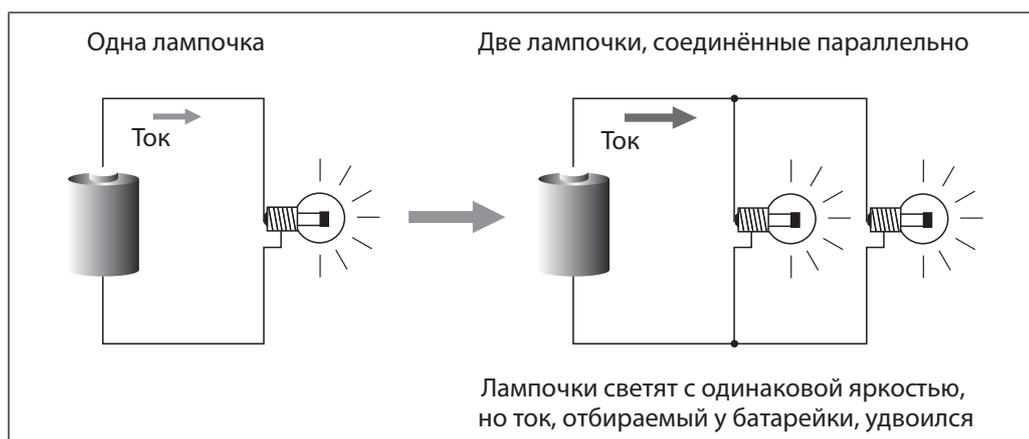


Общее сопротивление при параллельном соединении.

В параллельной цепи напряжение, прикладываемое к каждому элементу, одинаково из-за того, что начала и соответственно концы всех элементов сходятся в одной точке. Ток при этом разветвляется и его величина зависит от сопротивления каждого элемента. В случае параллельного соединения двух элементов эффективное сопротивление можно вычислить по формуле

$$R_{\text{ОБЩ}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \left(\begin{array}{l} \text{произведение,} \\ \text{делённое на сумму} \end{array} \right).$$

Если две одинаковые лампочки подсоединены к источнику питания параллельно, яркость каждой лампочки такая же, как если бы в цепи была только одна лампочка. Так как ток, проходящий через каждую лампочку, такой же, как если бы была подключена только одна лампочка, общий ток удваивается.



Параллельное соединение лампочек.

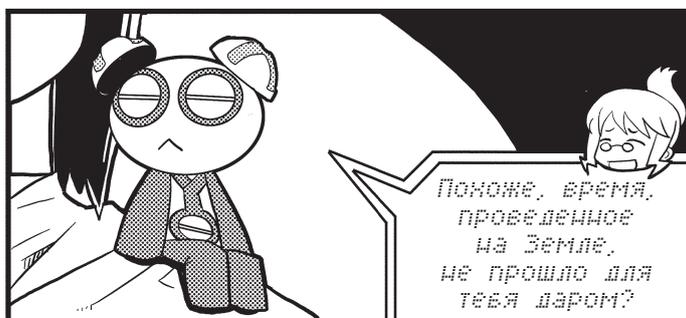
Электроприборы на напряжение 220 В, которыми мы пользуемся дома, подсоединяют к розетке параллельно. Если мы увеличим число электроприборов, подсоединённых к одной розетке, общий ток также увеличится.

3

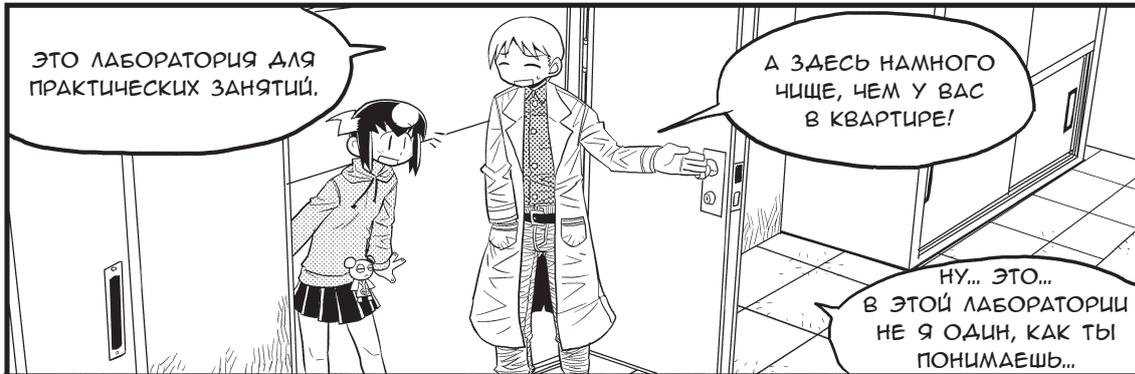
КАК РАБОТАЕТ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

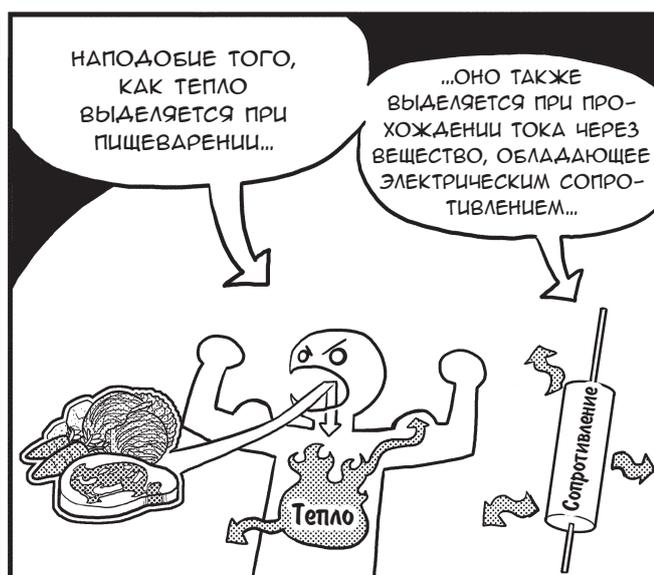
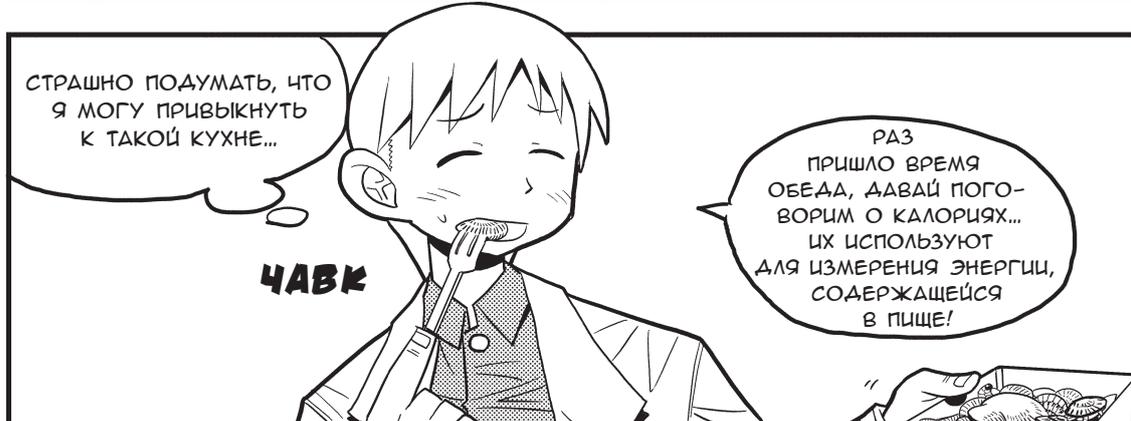


3.1. ПОЧЕМУ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ДАЁТ ТЕПЛО











НАПРИМЕР, ЧТОБЫ УЗНАТЬ, СКОЛЬКО ТЕПЛА ВЫДЕЛЯЕТСЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ТОКА I ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО С СОПРОТИВЛЕНИЕМ R ЗА ВРЕМЯ t , НУЖНО ВЫЧИСЛИТЬ ВЫРАЖЕНИЕ $I^2 \times R \times t$. ТЕПЛО ОБОЗНАЧАЕТСЯ СИМВОЛОМ Q И ИЗМЕРЯЕТСЯ В АЖОУЛЯХ (АЖ).

Ток течёт в течение времени t

Ток I

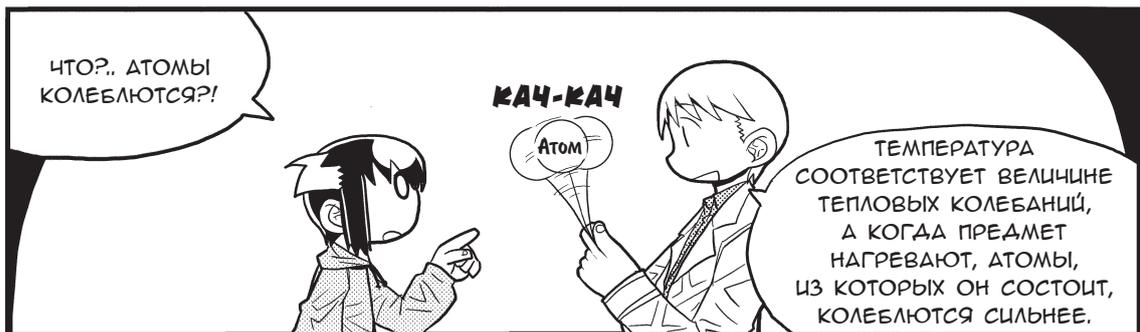
Сопrotивление R

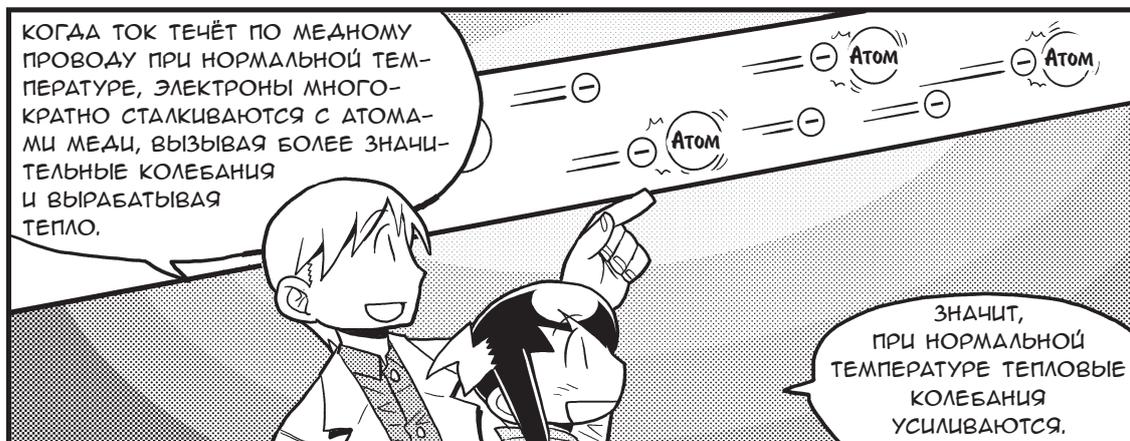
Тепло

$Q = I^2 \times R \times t$

А КАК ЖЕ КАЛОРИИ?





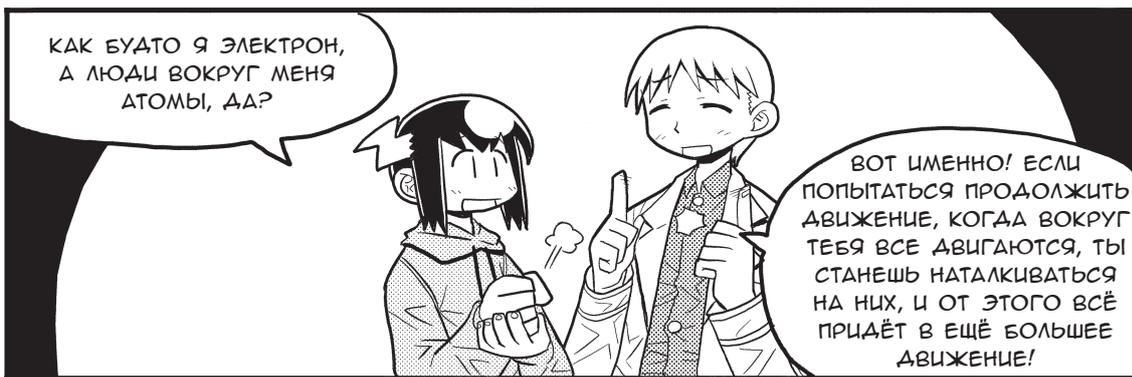




ЕСЛИ ЛЮДИ В ВАГОНЕ СТОЯТ СПОКОЙНО, ТЫ ЛЕГКО МОЖЕШЬ ПРОЙТИ ДАЛЬШЕ ПО ВАГОНУ, НО...



...ЕСЛИ ВСЕ ВОКРУГ ТЕБЯ ТОЖЕ ПЕРЕДВИГАЮТСЯ, ТЫ БУДЕШЬ НАТАЛКИВАТЬСЯ НА НИХ, И ПРОХОД ДЛЯ ТЕБЯ ЗАТРУДНИТСЯ, ТАК?



КАК БУДТО Я ЭЛЕКТРОН, А ЛЮДИ ВОКРУГ МЕНЯ АТОМЫ, ДА?

ВОТ ИМЕННО! ЕСЛИ ПОПЫТАТЬСЯ ПРОДОЛЖИТЬ ДВИЖЕНИЕ, КОГДА ВОКРУГ ТЕБЯ ВСЕ ДВИГАЮТСЯ, ТЫ СТАНЕШЬ НАТАЛКИВАТЬСЯ НА НИХ, И ОТ ЭТОГО ВСЁ ПРИДЁТ В ЕЩЁ БОЛЬШЕЕ ДВИЖЕНИЕ!



⚡ ТЕПЛОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

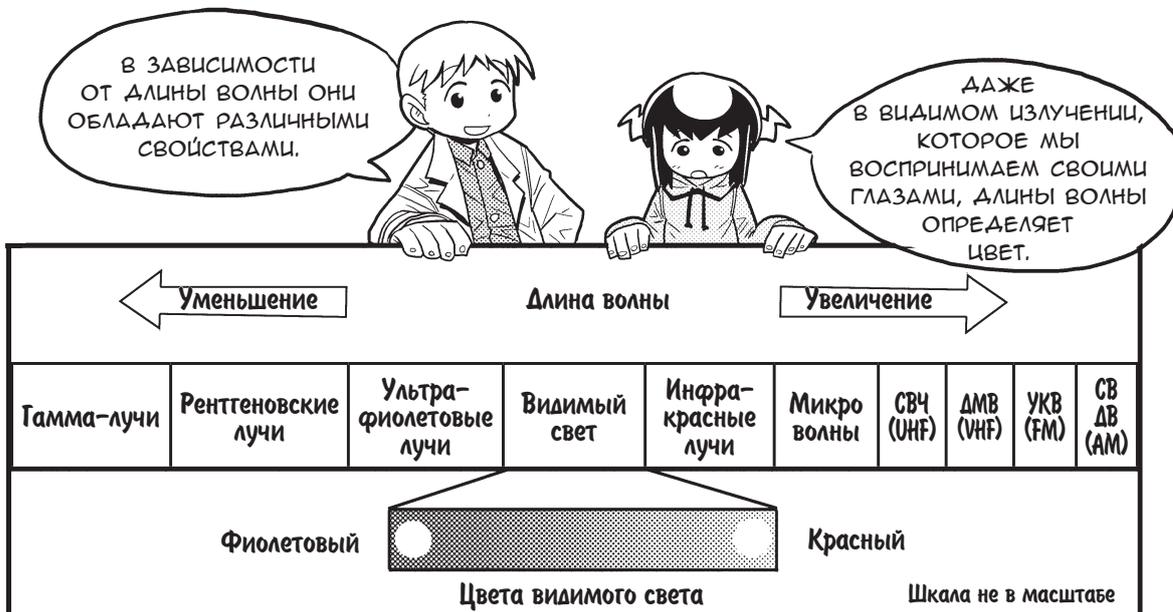
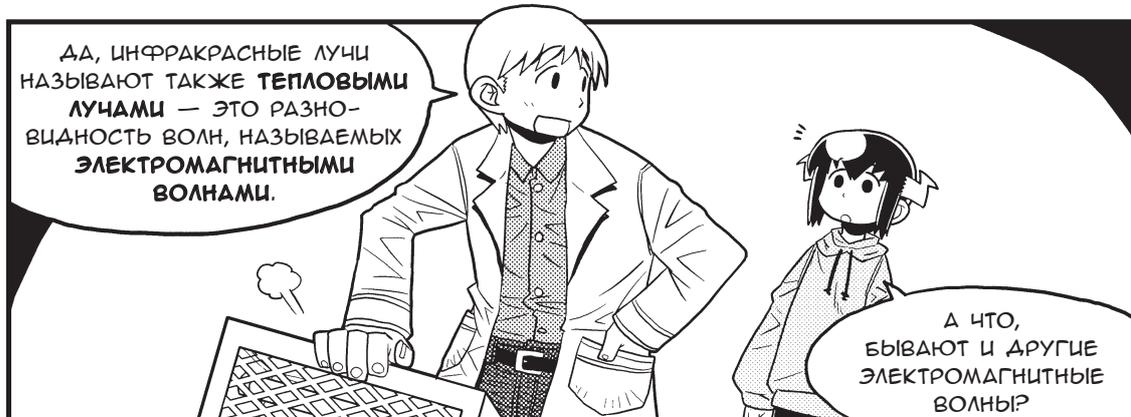
КОГДА ТОК ТЕЧЁТ, ПРЕОДОЛЕВАЯ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТА ЦЕПИ, ТЕМПЕРАТУРА ЭТОГО ЭЛЕМЕНТА РАСТЁТ.

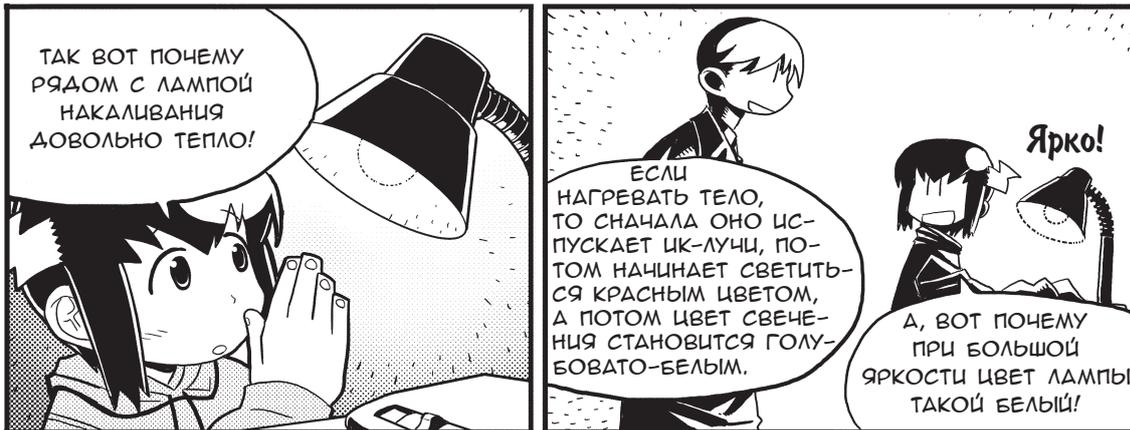


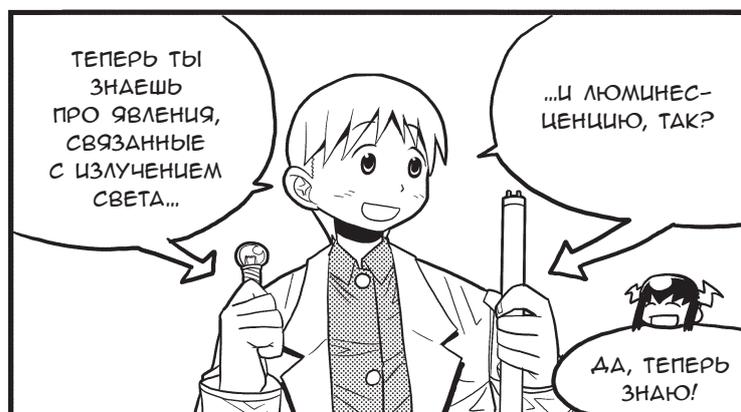
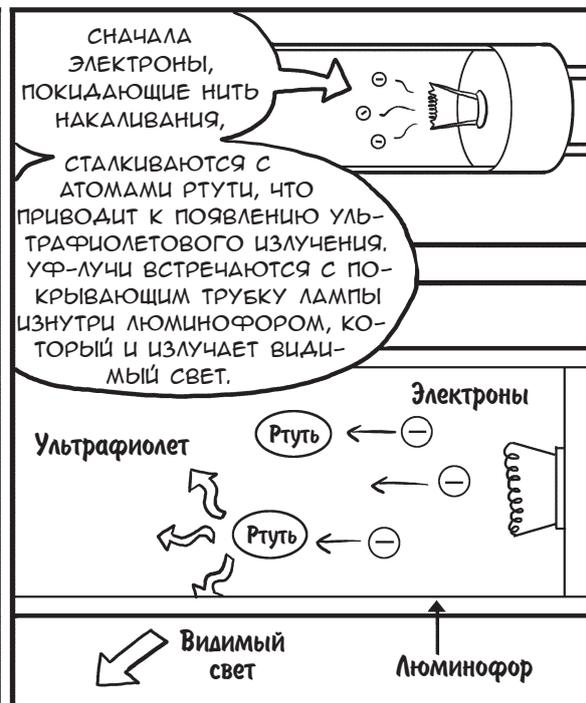
В ЭТО ВРЕМЯ ИСПУСКАЮТСЯ НЕВИДИМЫЕ ДЛЯ НЕВООРУЖЁННОГО ГЛАЗА ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ (ИК).

Сопrotивление элемента цепи

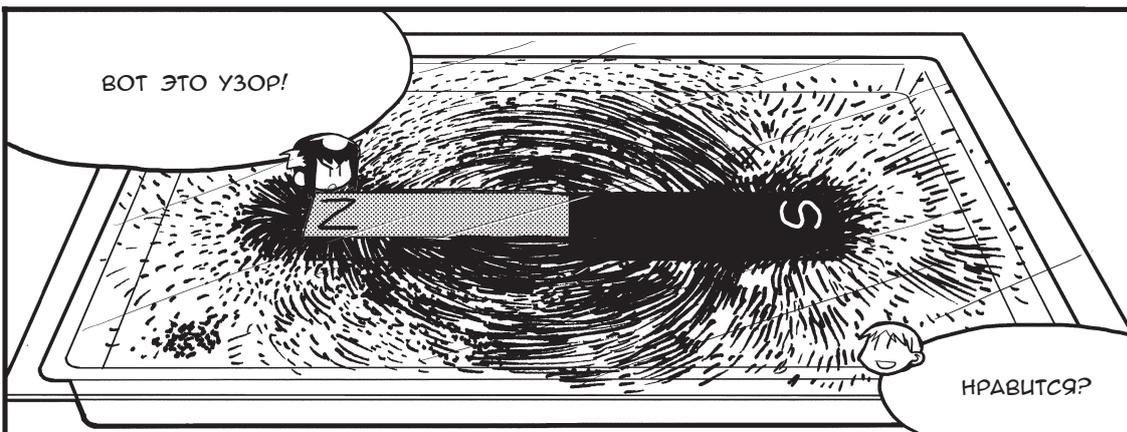
ТЕПЛО ОТ ЭЛЕКТРОПЕЧИ — ЭТО И ЕСТЬ ИК-ЛУЧИ?!

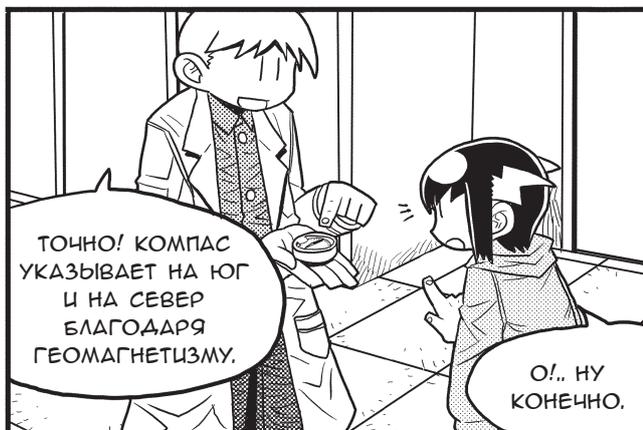
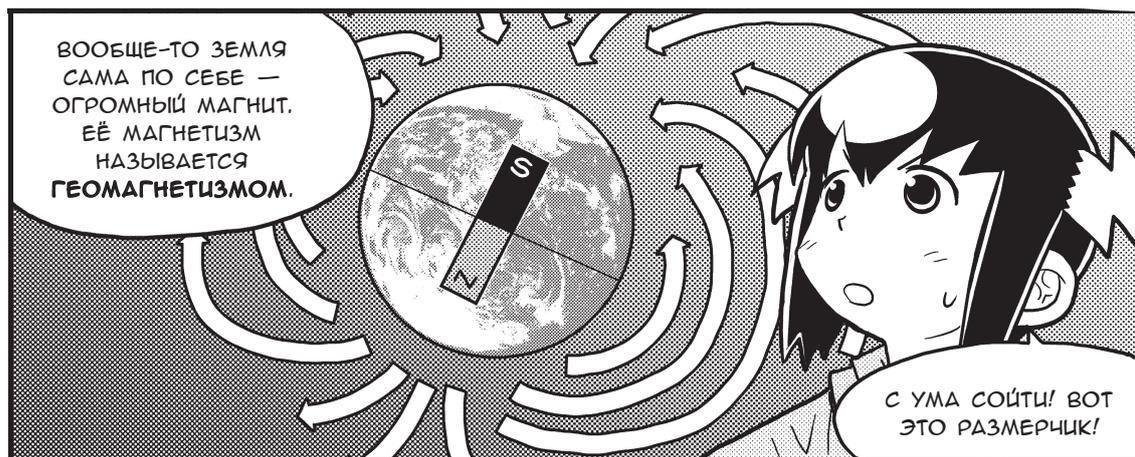


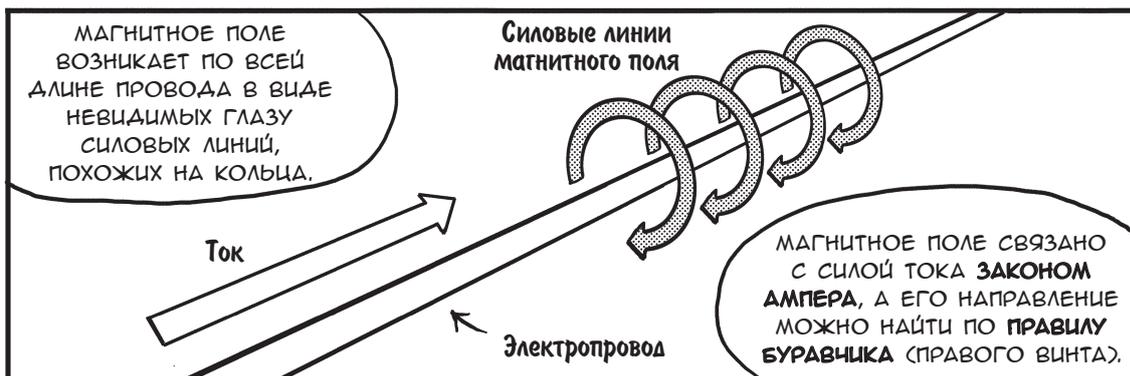




3.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ







ЕСЛИ ДВА ПРОВОДА РАСПОЛОЖИТЬ РЯДОМ ПАРАЛЛЕЛЬНО ДРУГ ДРУГУ И ПУСТИТЬ ПО НИМ ОДИНАКОВЫЙ ТОК В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ, ТО ОБНАРУЖАТСЯ ДВА ЯВЛЕНИЯ.

Ток

Магнитное поле

Ток

ДВА МАГНИТНЫХ ПОЛЯ, ВОЗНИКШИХ В ЭТИХ ДВУХ ПРОВОДАХ, ОБЪЕДИНЯТСЯ, И ПОЛУЧИТСЯ ОДНО БОЛЕЕ СИЛЬНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ЭТО ПРАВИЛО РАБОТАЕТ И ДЛЯ БОЛЬШЕГО ЧИСЛА ПРОВОДОВ.

Ток

Образуется сила притяжения

Магнитное поле

Ток

ПЛЮС К ЭТОМУ ВОЗНИКАЕТ СИЛА ПРИТЯЖЕНИЯ, ЗАСТАВЛЯЮЩАЯ ДВА ПРОВОДА ПРИТЯГИВАТЬСЯ ДРУГ К ДРУГУ.

Ток

Образуется сила притяжения

Магнитное поле

Ток

ТАК, А ЧТО ЖЕ БУДЕТ, ЕСЛИ НАПРАВЛЕНИЯ ТОКОВ В ДВУХ ПРОВОДАХ ПРОТИВОПОЛОЖНЫ?

СКРИП

Магнитное поле исчезает

Сила отталкивания

Сила отталкивания

В ЭТОМ СЛУЧАЕ В ПРОВОДАХ ВОЗНИКАЕТ СИЛА ОТТАЛКИВАНИЯ И МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПОДАВЛЯЮТ ДРУГ ДРУГА.

МММ...

ЕСЛИ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПОДАВЛЯЮТ ДРУГ ДРУГА, ОНИ ИСЧЕЗАЮТ!

АГА!

ТОЧНО!

**ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ
(ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПОСТОЯННОГО ТОКА)**

ПЕРЭКО, ЗНАЕШЬ,
ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

НУ КОНЕЧНО,
ХИКАРУ-САН!

БАЦ!

ТЫ ПОКАЗЫВАЕШЬ
КАМЕНЬ, НОЖНИЦЫ
И БУМАГУ. ЭТО
БЕСПРОИГРЫШНАЯ
КОМБИНАЦИЯ!

Бумага — Ножницы — Камень

НЕТ, Я НЕ ПРО ИГРУ
"КАМЕНЬ, НОЖНИЦЫ,
БУМАГА".

ЭТО ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ,
ПО КОТОРОМУ ОПРЕДЕЛЯЮТ
НАПРАВЛЕНИЕ СИЛЫ,
ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПРОВОДНИК
С ТОКОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ.

ГДЕ МОЯ
ЛЕВАЯ
РУКА?

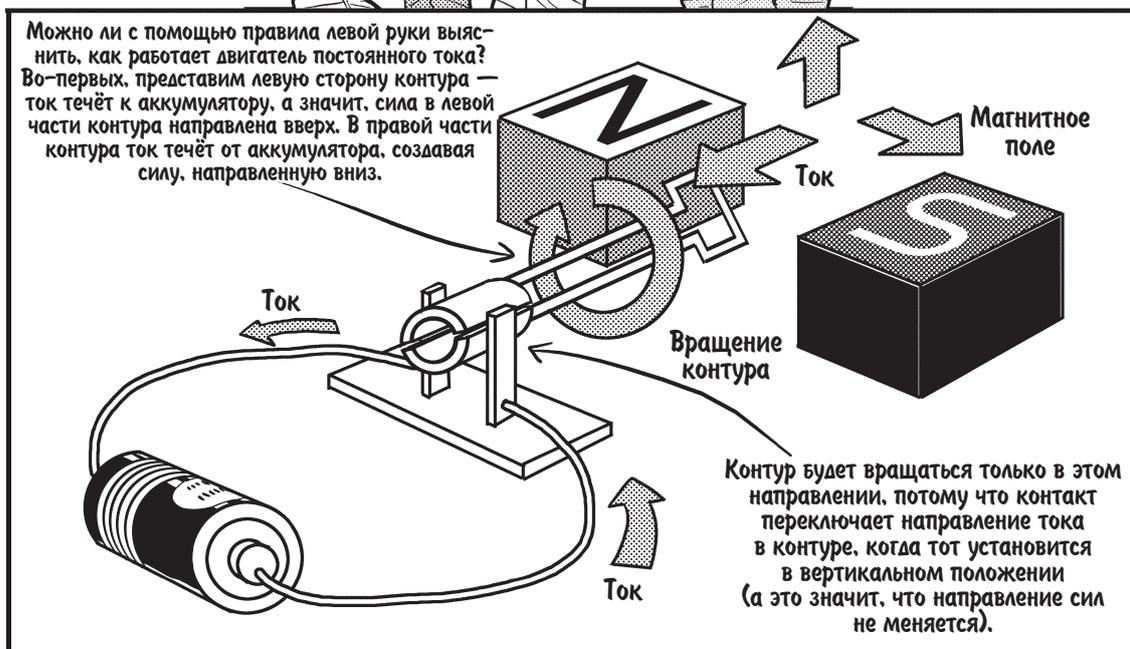
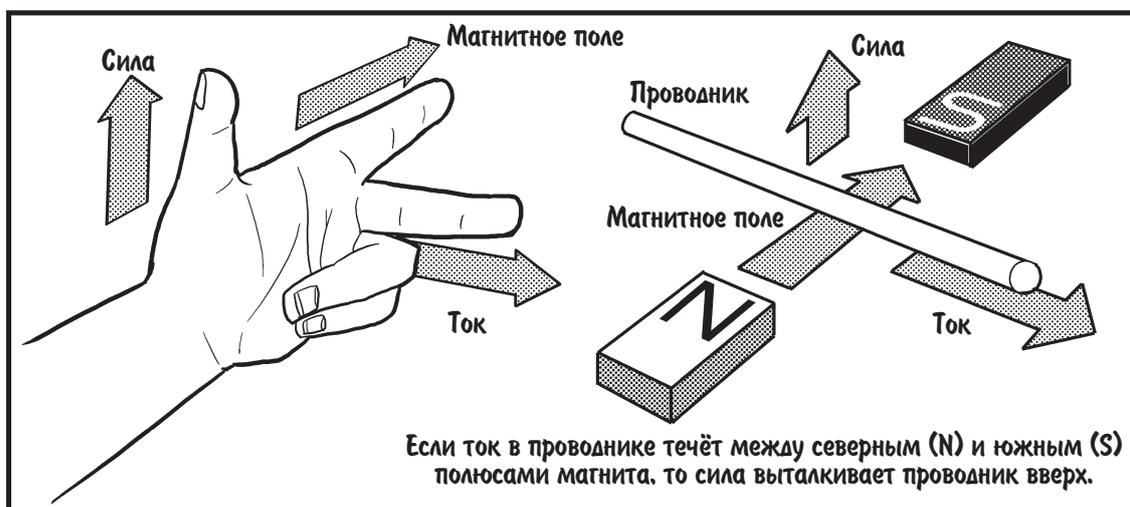
КОГДА ПАЛЬЦЫ ЛЕВОЙ
РУКИ СОГНУТЫ ТАКИМ
ОБРАЗОМ...

Направление
движения проводника

Направление
магнитного поля

Направление
тока

ЭТО ПРАВИЛО ГЛАСИТ,
ЧТО КОГДА УКАЗАТЕЛЬНЫЙ ПАЛЕЦ
ПОКАЗЫВАЕТ НАПРАВЛЕНИЕ МАГНИТ-
НОГО ПОЛЯ (ОТ N К S), А СРЕДНИЙ
ПАЛЕЦ — НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА, ТО
ПРОВОДНИК БУДЕТ ДВИГАТЬСЯ В ТУ
СТОРОНУ, КУДА УКАЗЫВАЕТ БОЛЬШОЙ
ПАЛЕЦ. ТО ЕСТЬ ТУДА БУДЕТ НАПРАВ-
ЛЕНА СИЛА.



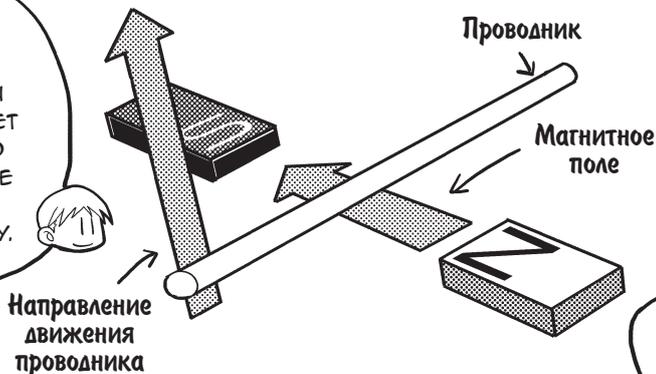
**ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ
(ДЛЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ)**

СУЩЕСТВУЕТ ЕЩЁ
И ПРАВИЛО
ПРАВОЙ РУКИ.



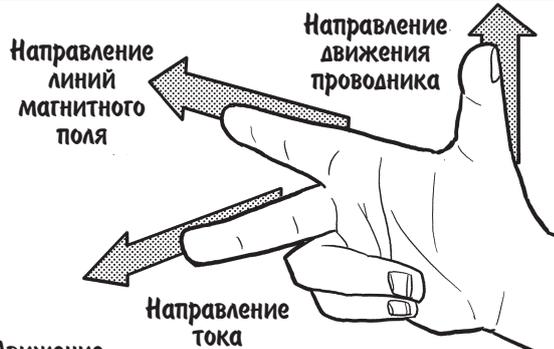
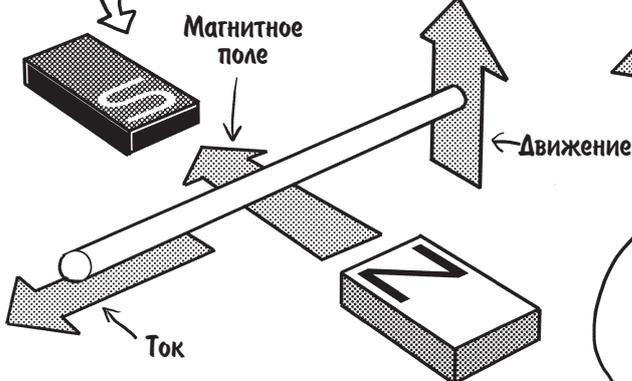
ЧТО, И ДЛЯ ВТОРОЙ
РУКИ ДЕЛО
НАШЛОСЬ?

ПРОВОДНИК,
ПЕРЕМЕЩАЕМЫЙ
МЕЖДУ ПОЛЮСАМИ
МАГНИТА, ПЕРЕСЕКАЕТ
ЛИНИИ МАГНИТНОГО
ПОЛЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ
ОТ СЕВЕРНОГО
ПОЛЮСА К ЮЖНОМУ.

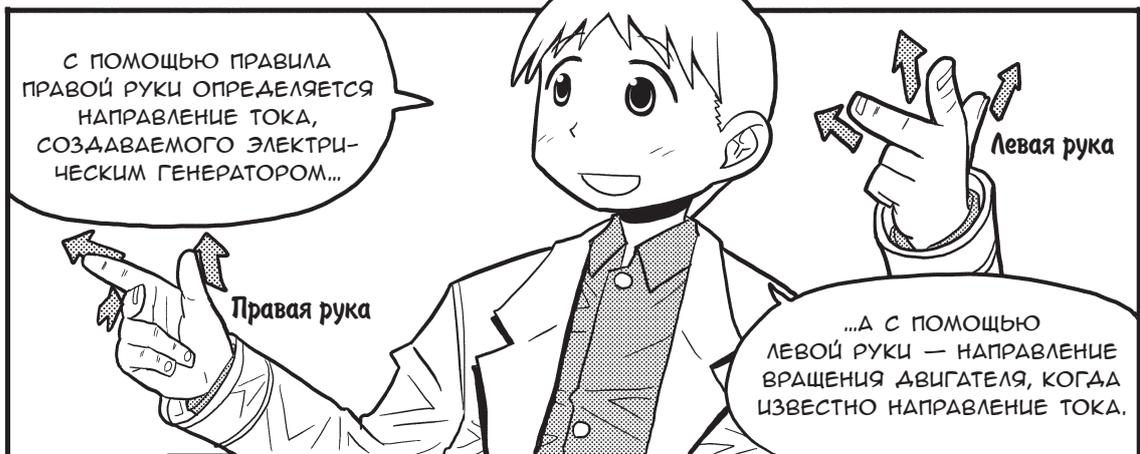
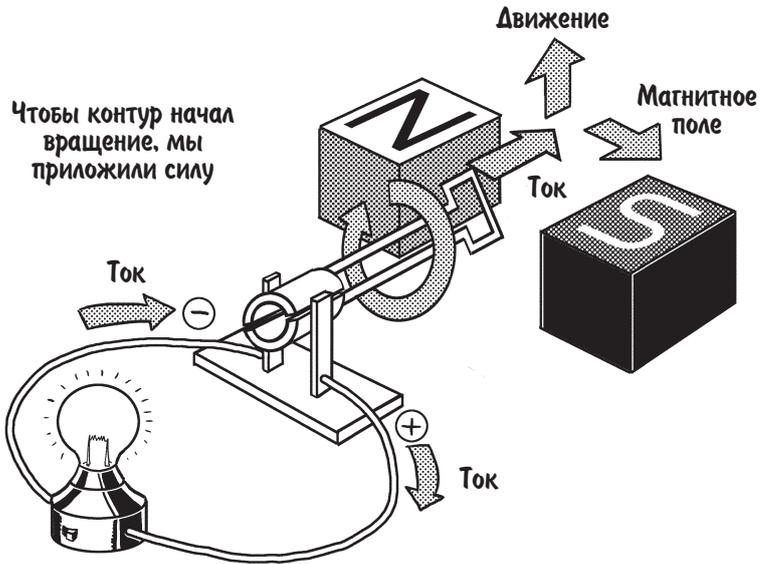
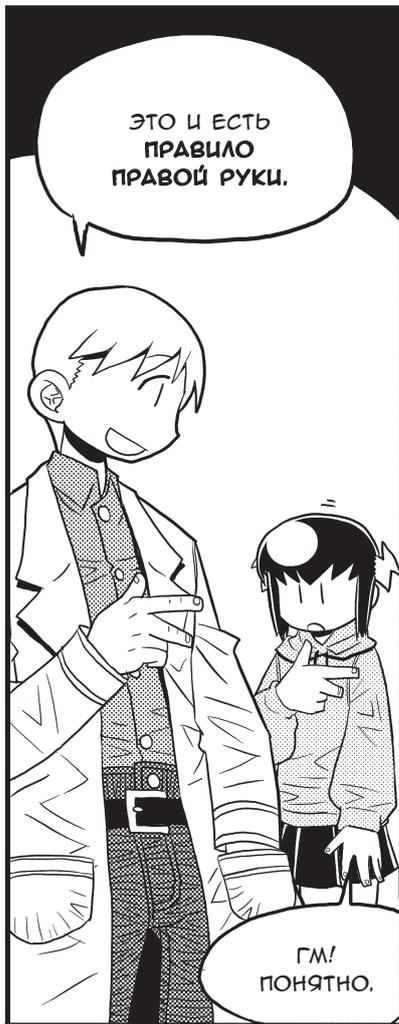


ПОКА
ПОНЯТНО...

В ЭТОТ МОМЕНТ В ПРОВОДНИКЕ
ОБРАЗУЕТСЯ СИЛА, ЗАСТАВЛЯЮЩАЯ
ТЕЧЬ ТОК. ОНА НАЗЫВАЕТСЯ
ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛОЙ.



СРЕДНИЙ ПАЛЕЦ ПРАВОЙ РУКИ
ПОКАЖЕТ НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА, ЕСЛИ
УКАЗАТЕЛЬНЫМ ПАЛЬЦЕМ ПОКАЗАТЬ
НАПРАВЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
(ОТ N К S), А БОЛЬШОЙ ПАЛЕЦ
НАПРАВИТЬ В СТОРОНУ ДВИЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОВОДА.







ФУ, ГА-А-А-А-ДОСТЬ!

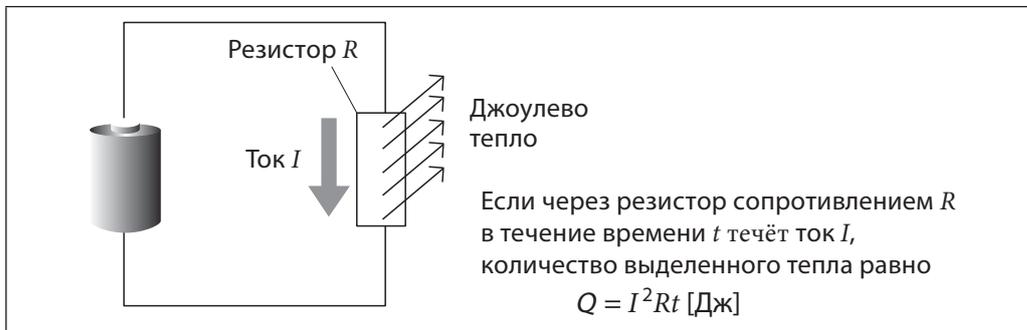




3.3. ДАВАЙТЕ РАЗБЕРЁМСЯ!

⚡ ДЖОУЛЕВО ТЕПЛО

Тепло, образующееся при прохождении тока через вещество, обладающее электрическим сопротивлением, называется *джоулевым теплом*. Например, если ток I течёт через резистор сопротивлением R в течение времени t , количество затраченной энергии можно вычислить по формуле $I^2 \times R \times t$. (Резистор — прибор со специально подобранным сопротивлением. Буквой R обозначают и резистор в электрических цепях, и его сопротивление в формулах.) Эта энергия выделяется в виде тепла. Тепло обозначается буквой Q и измеряется в *джоулях* (Дж). Название «джоуль» эта единица получила в честь английского физика Джеймса Прескотта Джоуля. Один джоуль соответствует энергии 1 ватт, выделяемой или потребляемой за одну секунду, то есть, $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$ (ватт-секунда). Один джоуль равен $1 \text{ кг} \times \text{м}^2/\text{с}^2$. Для нагревания одного грамма чистой воды от 14.5 до 15.5°C при давлении, равном одной атмосфере, требуется примерно 4.2 Дж, что равнозначно одной *калории* (кал).



Сопротивление резистора и джоулево тепло.

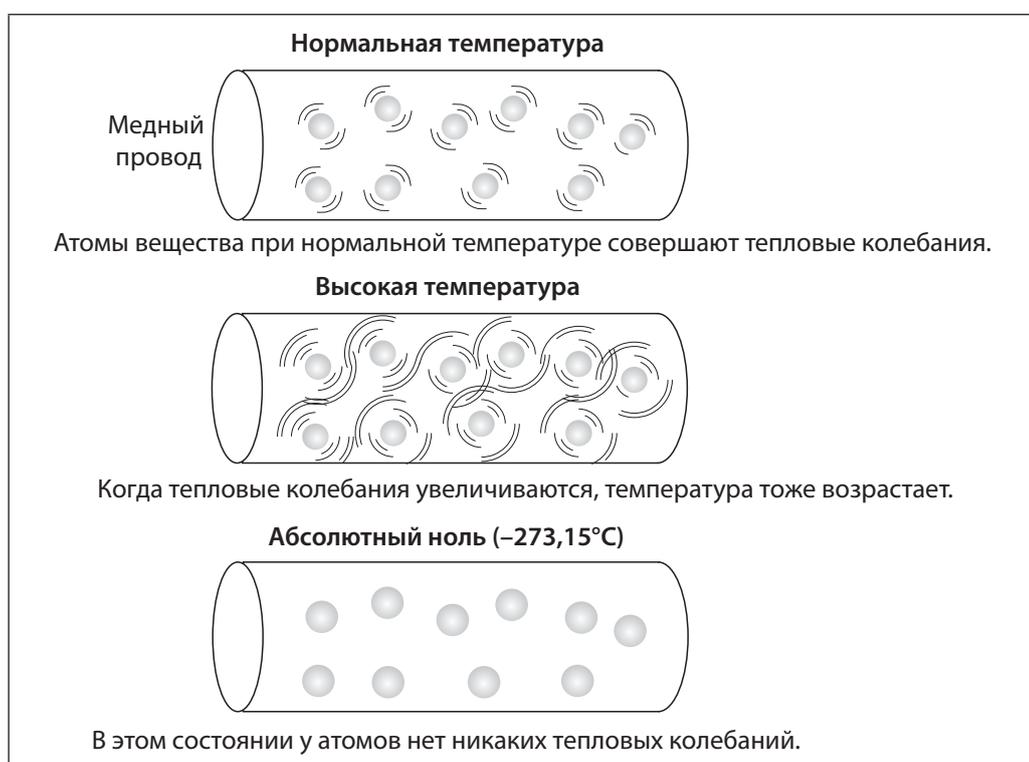
⚡ ТЕПЛОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Что такое тепло? Атомы, из которых состоит вещество, всегда колеблются, и это явление называют *тепловыми колебаниями*. Величина тепловых колебаний атомов вещества соответствует степени его нагрева, — в этом и состоит природа тепла.

Если атомы вещества перестанут колебаться, у вещества не будет никакой температуры. Отсутствие температуры называется *абсолютным нулём*, который наступает при $-273,15^\circ\text{C}$.

Даже при нормальной температуре в медных проводах (широко используемых в электрических цепях благодаря низкому удельному сопротивлению меди) колебания атомов меди препятствуют движению электронов, создавая сопротивление, что приводит к выделению дополнительного тепла.

Однако, когда температура вещества приближается к абсолютному нулю, колебания атомов становятся очень незначительными. В таком состоянии электроны могут двигаться намного свободнее, другими словами, сопротивление материала уменьшается. В некоторых веществах, например в алюминии, при достаточно низкой температуре электроны могут перемещаться вообще без помех со стороны атомов!

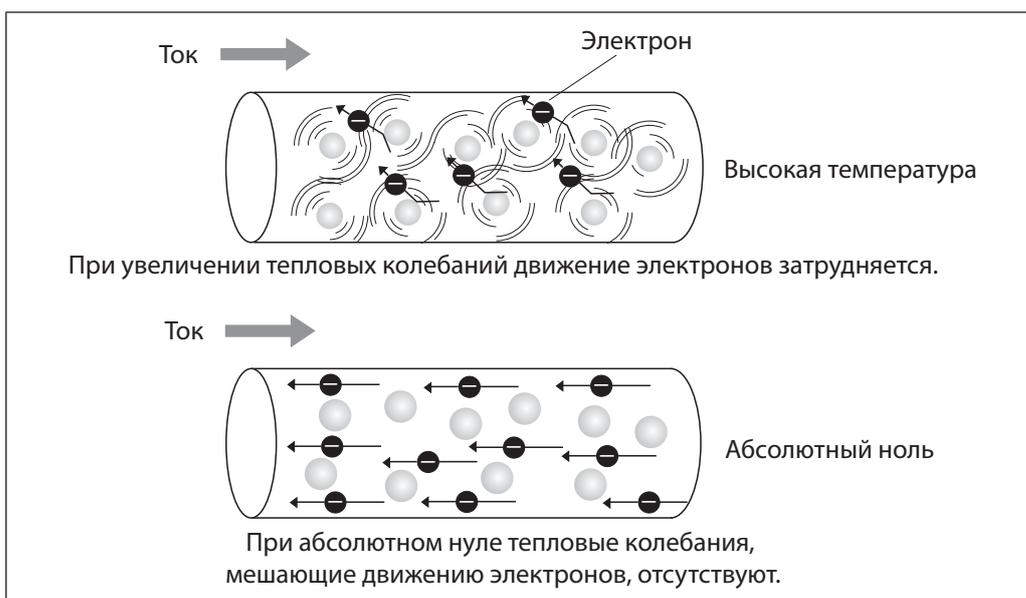


Тепловые колебания и температура.

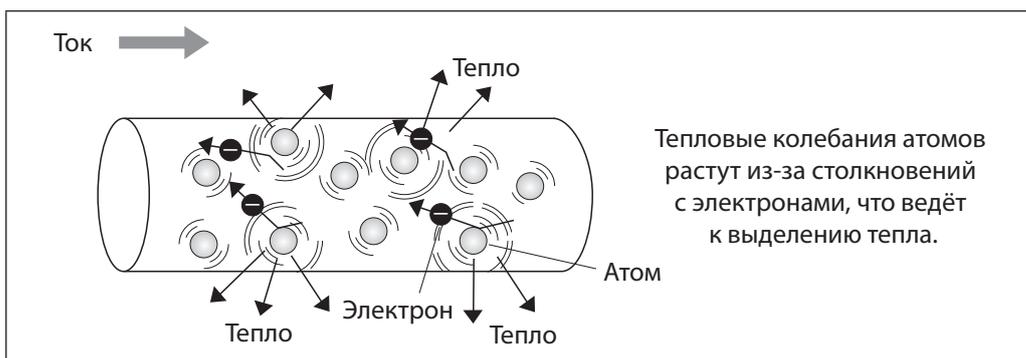
Явление, при котором сопротивление материала становится нулевым, называют *сверхпроводимостью*.

Было обнаружено, что многие металлы обладают сверхпроводимостью, если их охладить до определённой температуры (как правило, нужно достичь температуры, близкой к абсолютному нулю). Но

так как понизить температуру материала до такого уровня чрезвычайно сложно, сейчас проводятся исследования явления сверхпроводимости, возникающей при гораздо более высоких по сравнению с абсолютным нулём температурах, и такие вещества называют *высокотемпературными сверхпроводниками*. Когда-нибудь такие материалы, возможно, будут использоваться повсеместно для передачи электроэнергии в наши дома без потерь энергии на джоулево тепло.



Сверхпроводимость и ток.



Столкновение с электронами и выделение тепла.

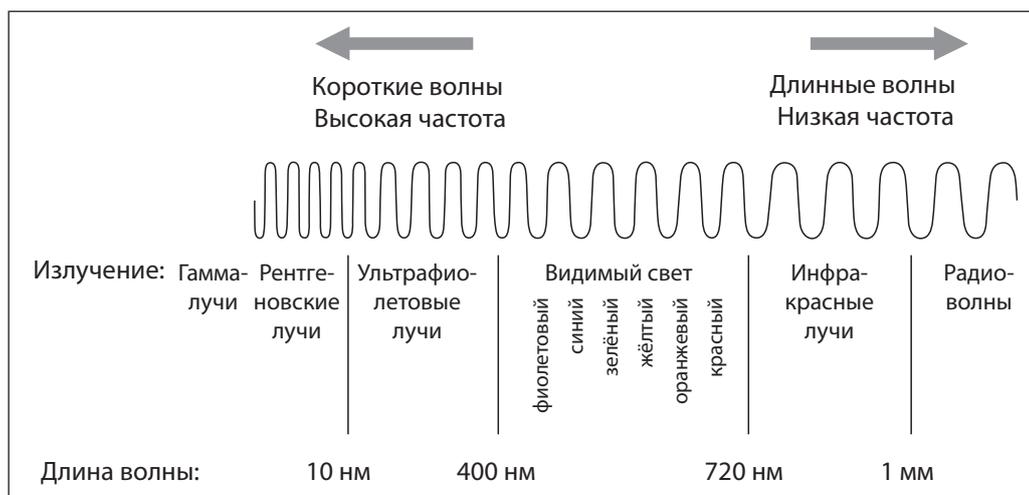
В проводах при нормальной температуре электроны многократно сталкиваются с атомами, что увеличивает их колебания, а значит,

выделяется больше тепла. По мере нагревания провода растёт его сопротивление. И наоборот, когда температура снижается, электрическое сопротивление уменьшается.

⚡ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Когда ток течёт через вещество, обладающее сопротивлением, растёт температура, вырабатывается тепло. Сначала испускаются невидимые невооружённым глазом инфракрасные лучи. Инфракрасные лучи, которые ещё называют тепловыми, — это разновидность электромагнитных волн, обладающих тепловой энергией.

Спектр электромагнитных волн включает в себя (в порядке уменьшения длины волны) радиоволны, инфракрасные лучи, видимый свет, ультрафиолетовые лучи и рентгеновские лучи. Радиоволны используют для радио- и телевидения и радиообмена информацией, например, на кораблях. Цвета видимой части спектра зависят от длины волны: красный цвет имеет самую большую длину волны, а фиолетовый — самую короткую.



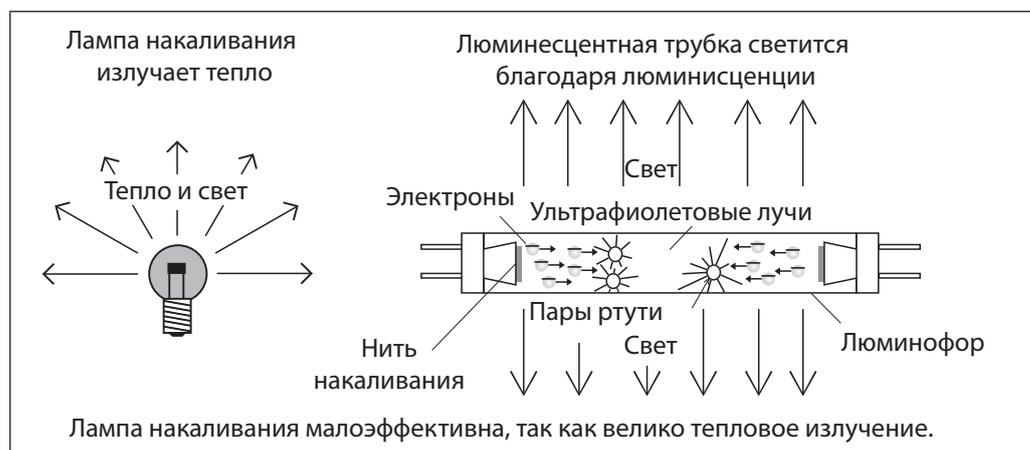
Длина волны и классификация электромагнитных волн.

Если температура продолжает расти, то следом за инфракрасными лучами начнут испускаться лучи видимой части спектра. Это явление называют *тепловым излучением*. Тепловым излучением обладают хорошо известные электрические лампы накаливания.

В результате излучение света сопровождается выделением тепла, поэтому такой способ освещения неэффективен. Световое излуче-

ние, при котором излучатель не требуется нагревать, называют *люминесценцией*; это явление лежит в основе люминесцентных ламп. При люминесцентном освещении электроны, испускаемые нитью накаливания, сталкиваются с атомами паров ртути внутри люминесцентной трубки: ультрафиолетовые лучи, которые образуются в этот момент, воздействуют на люминофор, нанесённый на внутреннюю поверхность трубки, и становятся видимым светом. Излучение люминесцентного света очень эффективно — при одинаковом энергопотреблении оно производит более чем в 4 раза больше света, чем обычная лампа накаливания.

Как здесь показано, явление светоизлучения включает в себя тепловое излучение и люминесценцию.



Световое излучение лампы накаливания и люминесцентная лампа.

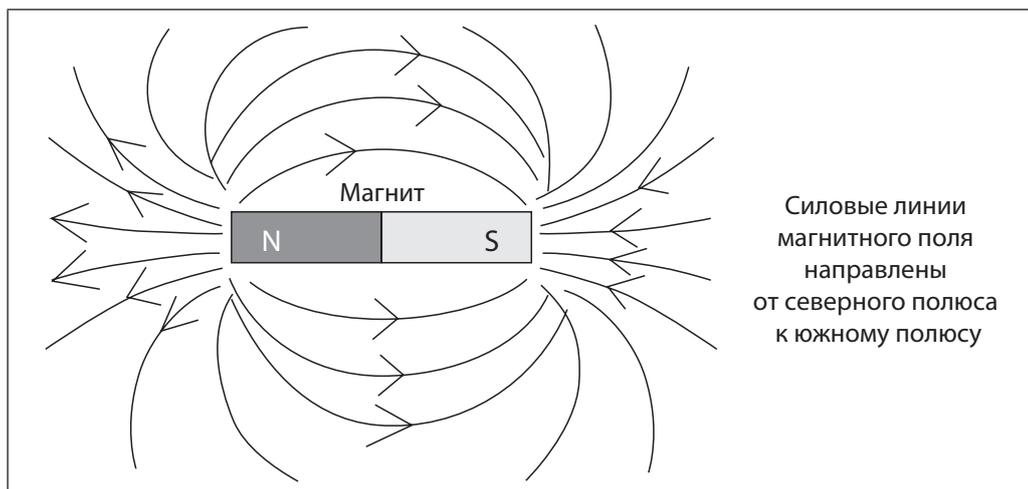
⚡ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Если на магнит положить лист бумаги и посыпать его железной стружкой, получится рисунок в виде линий. Эти линии, называемые *силовыми*, выходят из северного полюса магнита (N) и входят в южный полюс (S). Все вместе они характеризуют *магнитное поле*.

Магнитное поле появляется также вокруг проводов при протекании электрического тока. Это явление имеет огромное значение при использовании электричества и применяется во многих домашних электроприборах.

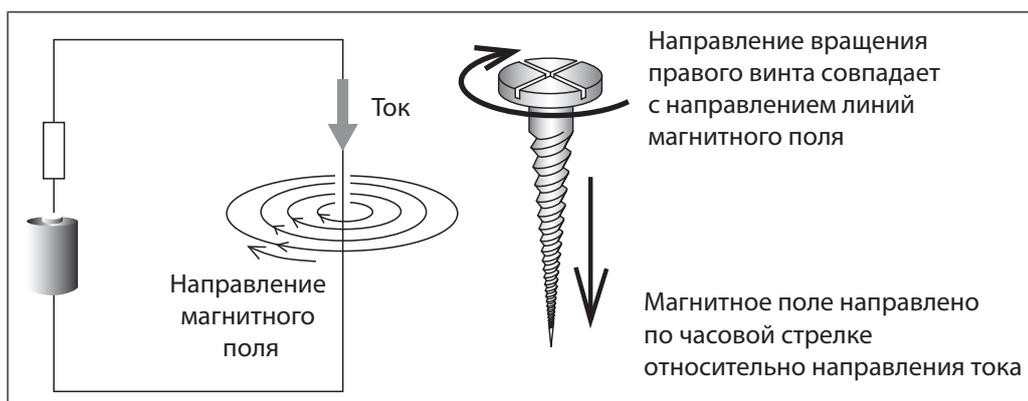
Когда по проводу течёт ток, вокруг него возникает магнитное поле, силовые линии которого, если смотреть на них по направлению течения тока, в соответствии с *правилом буравчика (правого винта)*

направлены по часовой стрелке. Величина магнитного поля меняется в зависимости от силы тока; если меняется направление тока, направление магнитного поля тоже меняется.

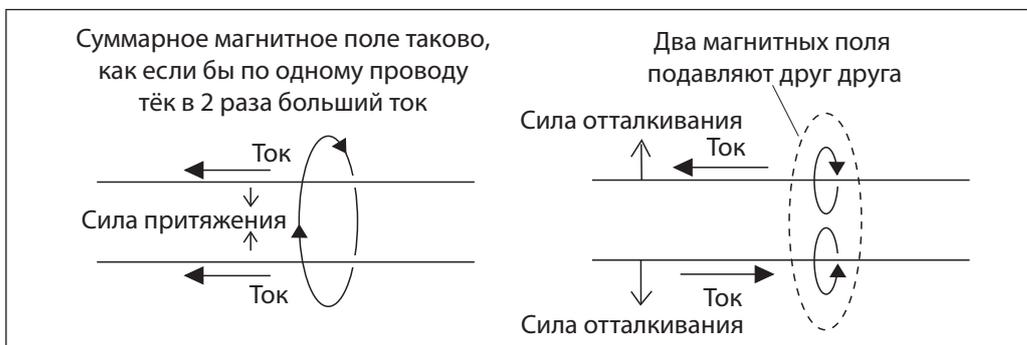


Магнит и магнитное поле.

Если в двух проводах, находящихся в непосредственной близости друг от друга, в одном направлении течёт ток одной и той же величины, магнитные поля, образующиеся в этих проводах, объединяются, и вокруг обоих проводников образуется общее магнитное поле, такое, как если бы по одному проводнику тёл в 2 раза больший ток. При этом между двумя проводами возникает сила притяжения. Если в двух проводах ток течёт в противоположных направлениях, между проводами возникает сила отталкивания. В этом случае магнитные поля вокруг проводов подавляют друг друга.



Правило буравчика (правого винта).

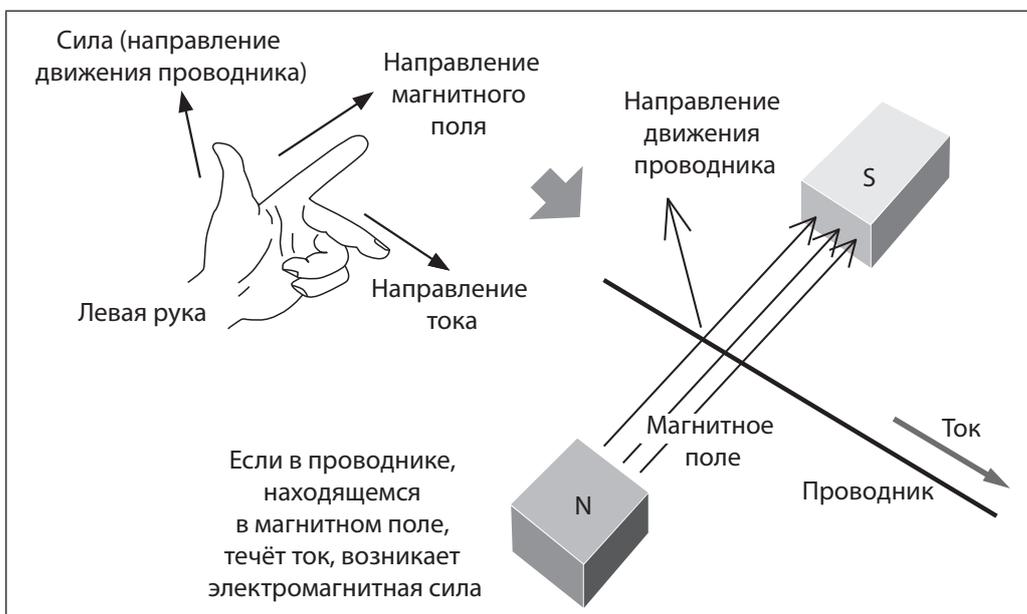


Силы, возникающие при протекании тока в двух проводниках.

Это свойство сложения магнитных полей справедливо и для большего числа проводников (например, в катушках индуктивности). В этом случае возникает магнитное поле ещё большей величины.

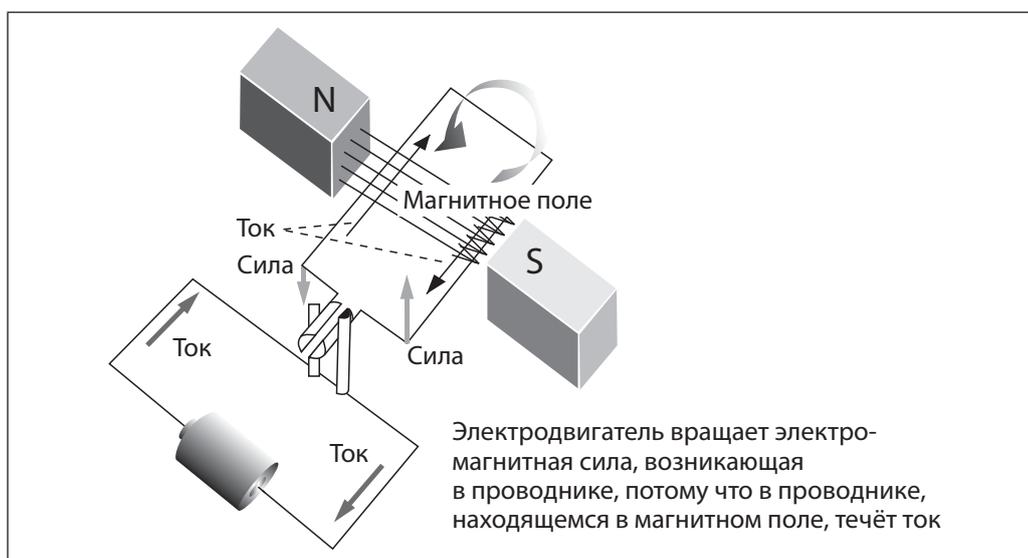
🌀 ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ И ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Если в проводнике, находящемся в магнитном поле, течёт ток, возникает *электромагнитная сила*, приложенная к этому проводнику. *Правило левой руки* определяет взаимосвязь между направлением магнитного поля, направлением тока и направлением движения проводника. Его очень легко запомнить.



Правило левой руки.

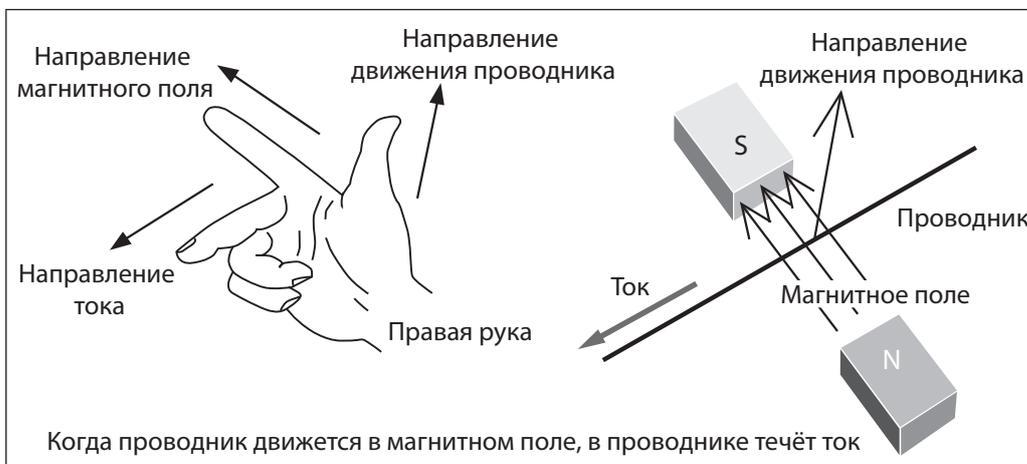
Это правило гласит: если поставить большой, средний и указательный пальцы левой руки перпендикулярно друг другу так, чтобы указательный палец указывал направление магнитного поля, а средний палец — направление тока, то большой палец укажет направление движения проводника (направление электромагнитной силы). Это правило впервые описал английский инженер Джон Амброс Флеминг. С помощью этого правила можно определить направление вращения электродвигателя.



Вращение электродвигателя.

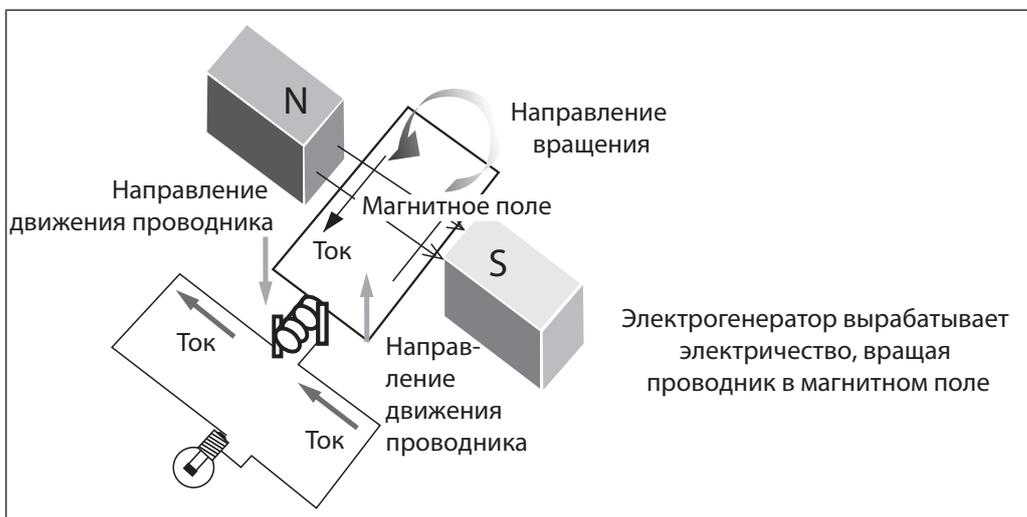
⚡ ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

Определить направление тока, создаваемого электрическим генератором, можно с помощью *правила правой руки*. Когда проводник движется между полюсами магнита, он пересекает магнитное поле, направленное от северного полюса магнита (N) к южному (S); при этом в проводнике возникает электродвижущая сила и начинает течь ток. *Правило правой руки* определяет взаимосвязь между направлением магнитного поля, направлением движения проводника и направлением тока. Если поставить большой, средний и указательный пальцы перпендикулярно друг другу, так, чтобы указательный палец указывал направление магнитного поля, большой палец — направление движения проводника, то средний палец укажет направление тока в проводнике.



Правило правой руки.

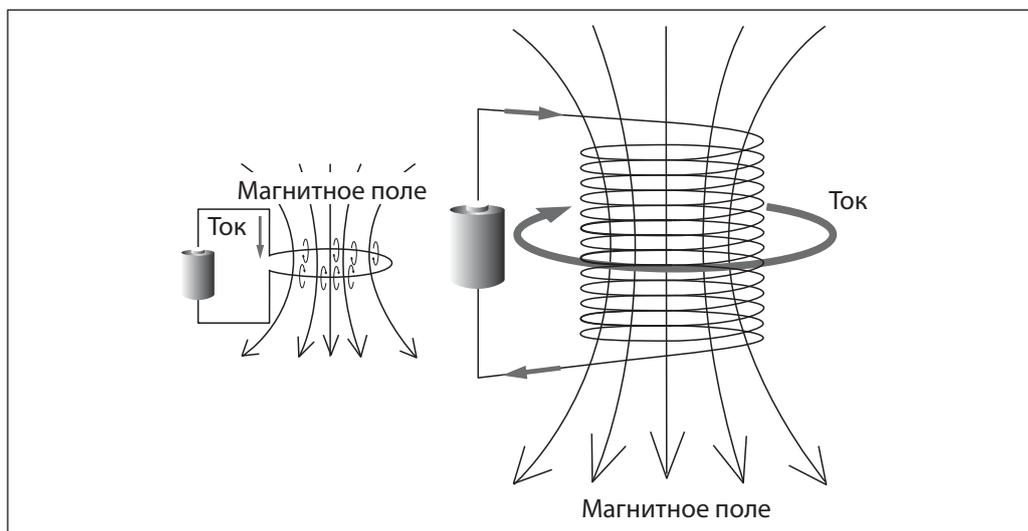
Чтобы генератор непрерывно производил ток, необходимо постоянное вращение контура в магнитном поле. Чтобы контур не прекращал вращения, к нему надо постоянно прикладывать силу. Это может быть сила падающей воды, как в гидрогенераторе, или сила находящегося под давлением пара, как на тепловых или атомных электростанциях.



Электричество, вырабатываемое электрогенератором.

⚡ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

Навитый петлями электрический провод называется *катушкой индуктивности*. (*Индуктивность* — параметр, характеризующий связь между током в проводе и возникшим магнитным полем.) Когда в катушке течёт ток, возникает магнитное поле, которое проходит через внутреннюю часть катушки. Если в катушку поместить железный сердечник, магнитное поле сосредоточится в железе, и катушка станет сильным *электромагнитом*. Сила электромагнита пропорциональна произведению тока и числа витков в катушке. Если меняется направление тока, то полярность электромагнита также меняется на противоположную. Если ток перестаёт течь, сила электромагнита исчезнет.



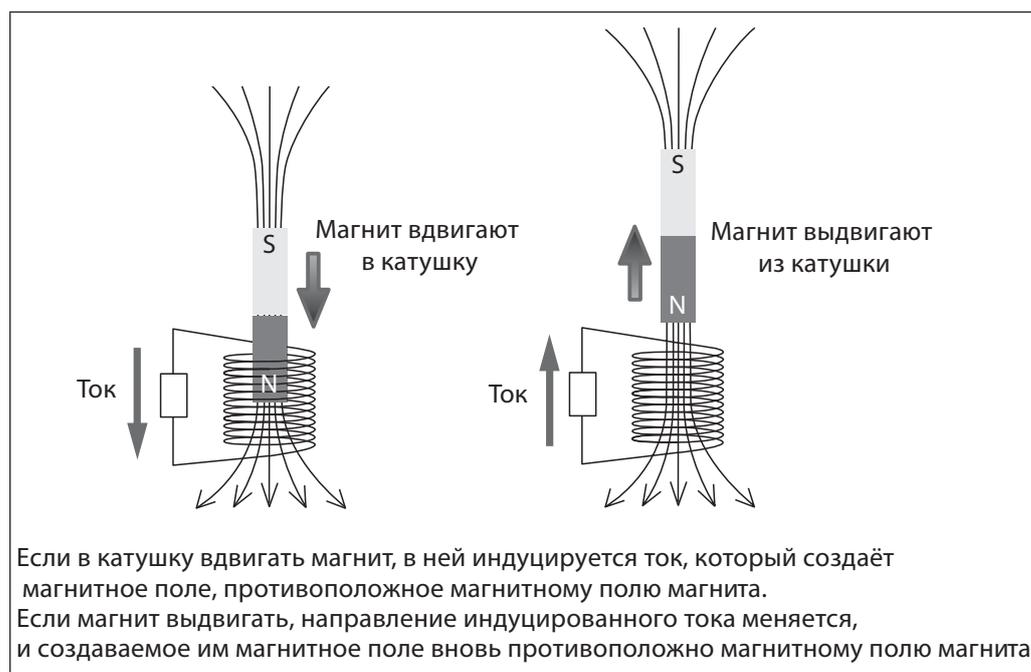
Магнитное поле, созданное катушкой индуктивности.

Для определения направления магнитного поля, возбуждённого (индуцированного) катушкой, можно воспользоваться правилом правой руки. Просто согните пальцы по направлению тока в катушке, и тогда большой палец укажет на северный полюс (N) индуцированного магнитного поля.

☞ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Когда магнит в форме стержня движется внутри катушки индуктивности, в ней появляется ток, создающий своё собственное магнитное поле, противоположное полю постоянного магнита. Если направление движения магнита меняется, направление тока в проводе также изменяется. Это явление называют *электромагнитной индукцией*, а электричество, вырабатываемое во время этого процесса, — *электродвижущей силой индукции*. Получаемый при этом ток называют *индуцированным током*.

Закон Ленца, открытый русским физиком Эмилием Христиановичем Ленцем, гласит, что благодаря электромагнитной индукции ток течёт в таком направлении, при котором магнитное поле, производимое этим током, препятствует движению магнита.

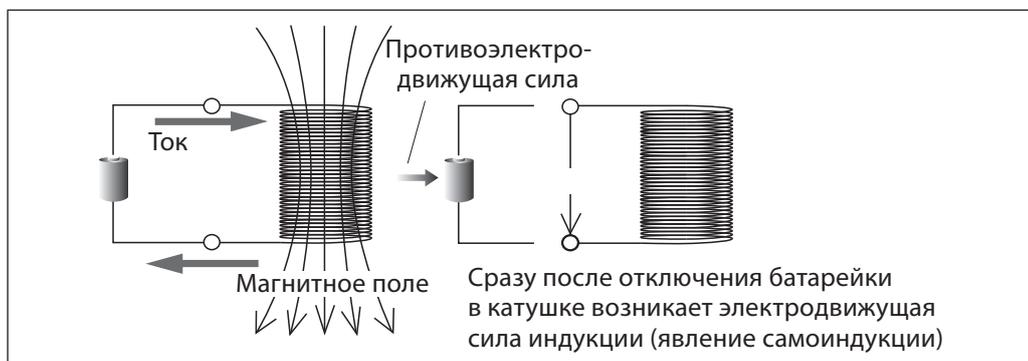


Электромагнитная индукция.

☞ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ

Если создать в катушке ток, подключив её к батарее, то у катушки появится магнитное поле и она станет электромагнитом. Магнитное поле в катушке возникает, когда через катушку начинает течь ток, и оно увеличивается с ростом тока. Изменение собственно-

го магнитного поля катушки приводит к тому, что в самой катушке возникает электродвижущая сила индукции. Это называют явлением самоиндукции.



Самоиндукция катушки индуктивности

Аналогично, в момент прерывания тока магнитное поле начинает исчезать, а значит, оно изменяется. Это изменение магнитного поля опять-таки приводит к появлению электродвижущей силы индукции. Направление этой силы таково, что она препятствует изменению тока в катушке, поэтому её также называют противоэлектродвижущей силой. Эту силу легко обнаружить. Когда катушка соединена с батареей и течёт ток, возникает магнитное поле. Когда ток постоянен, противоэлектродвижущей силы нет, но когда батарейку отключают и ток от неё в катушку не поступает, генерируемое магнитное поле ослабевает. В это время благодаря противоэлектродвижущей силе на концах катушки возникает разность потенциалов (напряжение).

⚡ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Величина переменного тока всегда меняется. Если в катушке течёт переменный ток, в ней возникает индуцированная электродвижущая сила в направлении, которое препятствует протеканию тока, из-за чего он отстаёт от напряжения источника питания на одну четвертую цикла. Такое явление называют *запаздывающим током*, и оно наблюдается в таких электрических устройствах, как, к примеру, двигатель с катушкой индуктивности (см. рис. на стр. 120). Это временное отставание называют *сдвигом по фазе*. Катушка выступает в роли сопротивления для тока, поэтому это свойство катушки

называют *индуктивным реактивным сопротивлением*. Величина этого сопротивления пропорциональна частоте переменного тока.

Мощность источника питания выражается произведением напряжения и тока, и, когда волны напряжения и тока совпадают по времени, выполняется 100 процентов работы, другими словами, «коэффициент мощности» равен 100 процентам. Если ток запаздывает, коэффициент мощности меньше 100 процентов, и тогда говорят, что цепь обладает «пониженным коэффициентом мощности».

Если коэффициент мощности понижен, электрическая мощность, отбираемая от источника питания, не выполнит 100 процентов работы, т. е. необходим источник питания большей мощности. Отношение потребляемой мощности к входной мощности и есть *коэффициент мощности*:

$$\text{коэффициент мощности} = \frac{\text{потребляемая мощность}}{\text{входная мощность}}.$$

Пониженный коэффициент мощности означает, что некоторое количество тока возвращается к источнику питания, не выполнив работу.



Запаздывающий ток, проходящий через катушку.

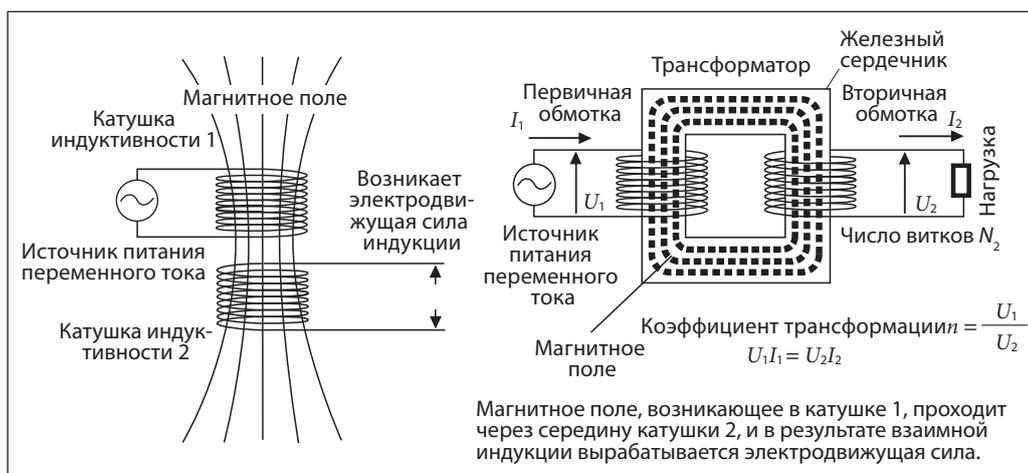
⚡ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

Если источник питания переменного тока соединён с катушкой 1 (см. рисунок на стр. 121), возникает магнитное поле. Когда это магнитное поле изменяется в катушке 2, в ней возникает электродвижущая сила. Это явление называют *взаимной индукцией*.

Электрическое устройство, которое использует это явление для изменения величины напряжения, называют *трансформатором*.

Если две катушки навиты на железный сердечник и катушка 1 соединена с источником питания переменного тока, внутри сердечника возникает магнитное поле. Так как катушка 2 также намотана на тот же сердечник, магнитное поле меняется внутри катушки 2, и в ней возникает электродвижущая сила индукции.

Обмотку трансформатора, подключённую к источнику питания, называют *первичной*, а подключённую к нагрузке — *вторичной*. Напряжение, вырабатываемое на вторичной обмотке, определяется коэффициентом трансформации, который равен отношению числа витков (n_1) первичной обмотки к числу витков (n_2) вторичной обмотки. Например, если число витков вторичной обмотки в 2 раза больше, чем число витков первичной обмотки, на вторичной обмотке вырабатывается в 2 раза более высокое напряжение. Ток, который в это время течёт во вторичной обмотке, будет в 2 раза меньше тока в первичной обмотке.



Взаимная индукция в трансформаторе.

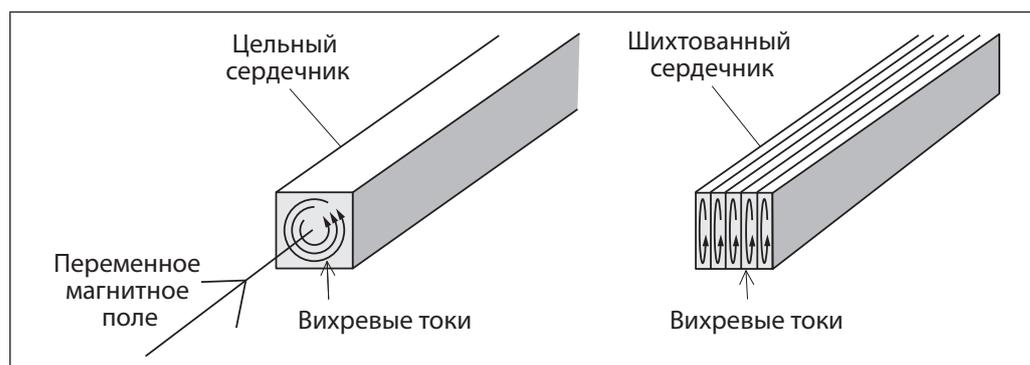
Отношение напряжения на первичной обмотке (U_1) к напряжению на вторичной обмотке (U_2) называют *коэффициентом трансформации*. Произведение напряжения и тока первичной обмотки равно произведению напряжения и тока вторичной обмотки. Другими словами, трансформатор изменяет только напряжение, но не влияет на величину электрической мощности.

⚡ ПОТЕРИ В ТРАНСФОРМАТОРЕ

В реальном трансформаторе выходная мощность (на вторичной обмотке) будет меньше входной мощности (на первичной обмотке) из-за потерь в обмотках и в сердечнике.

Потери в сердечнике состоят из *потерь на вихревые токи* и *потерь на гистерезис*, происходящих из-за взаимодействия между магнитными доменами сердечника. Эти потери также называют *безнагрузочными потерями*. С целью предотвращения вихревых токов используют *шихтованный сердечник*, состоящий из тонких железных пластин, электрически изолированных друг от друга.

Потери в обмотках — это потери на джоулево тепло, создаваемое сопротивлением катушек при протекании через них электрического тока. Потери в обмотках также называют *нагрузочными потерями*.



Вихревые токи, возникающие в железном сердечнике.

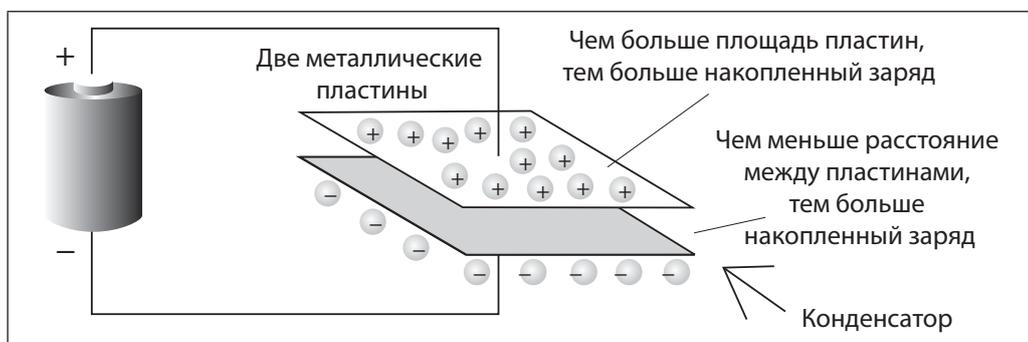
⚡ КОНДЕНСАТОРЫ

Если к двум металлическим пластинам, между которыми проложен диэлектрик, подсоединена батарея, то от отрицательного полюса батареи к нижней пластине «побегут» электроны, и пластина зарядится. Так как электроны верхней пластины движутся к положительному полюсу батареи, эта пластина будет положительно заряжена. Таким образом, на металлических пластинах накапливается заряд. Элемент электрической цепи, содержащий две пластины, накапливающие заряд, называют *конденсатором*.

Как только к незаряженному конденсатору подсоединяют батарею, через него начинает течь ток, но по мере накопления заряда конденсатором ток снижается и в конце концов прекращается вовсе.

Другими словами, если к конденсатору подсоединён источник питания постоянного тока, то ток течёт только первое время, а потом перестаёт течь из-за того, что цепь оказывается разомкнутой. Если в этот момент батарею отсоединить, накопленный заряд останется на конденсаторе. Если затем батарею подключить в обратном направлении, накопленный заряд стечёт, а конденсатор зарядится в обратной полярности.

Свойство конденсатора накапливать заряд таким вот образом называется электростатической ёмкостью. Её величина прямо пропорциональна площади металлических пластин и обратно пропорциональна расстоянию между ними. Ёмкость конденсатора измеряется в фарадах (Ф).



Накопленный заряд на конденсаторе.

⚡ КОНДЕНСАТОРЫ И ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

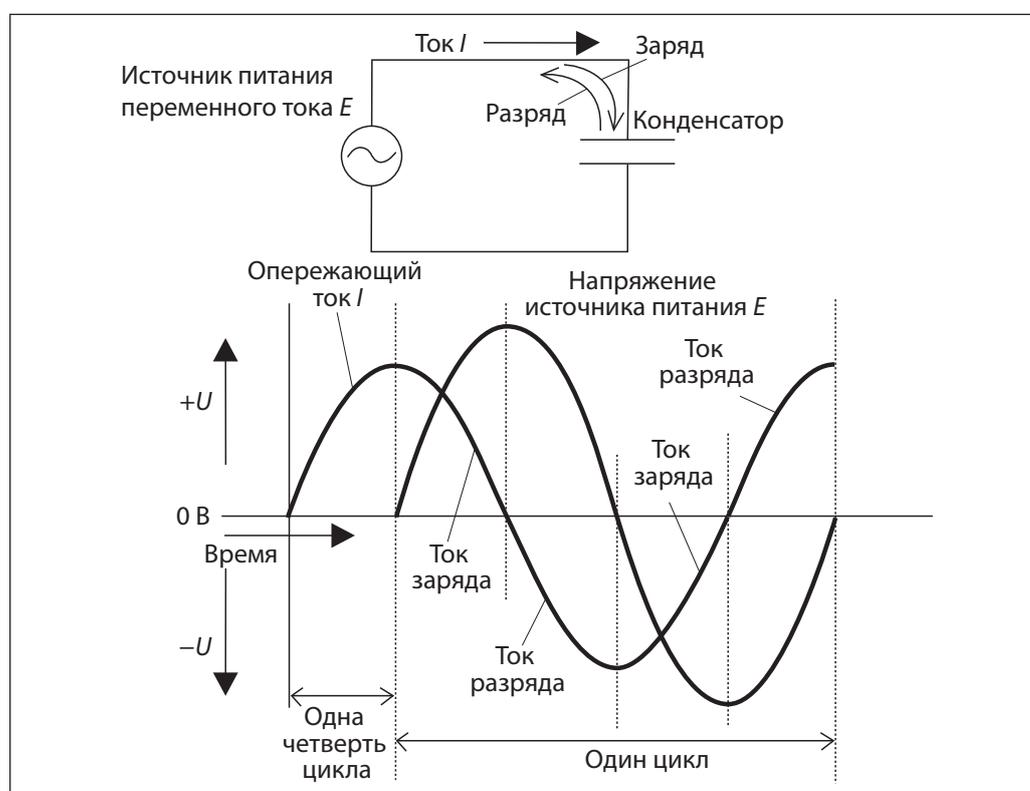
Если к конденсатору приложить напряжение переменного тока, зарядный ток будет течь, пока напряжение изменяется от 0 В до пикового значения. При пиковом значении напряжения источника питания ток становится равным нулю. Когда напряжение источника питания начинает снижаться, конденсатор начинает разряжаться. Разрядный ток становится максимальным при напряжении источника питания, равном 0 В. Затем полярность напряжения источника питания меняется, и опять начинается процесс заряда конденсатора. При достижении пикового значения обратной полярности процесс заряда прекращается и опять начинается разряд.

Если конденсатор подсоединён к источнику питания переменного тока, колебания тока идут на четверть цикла впереди колебаний напряжения питания; такой ток называют *опережающим током*.

Ёмкость конденсатора на переменном токе играет роль сопротивления. Такое сопротивление называют *ёмкостным сопротивлением*, и его величина обратно пропорциональна частоте.

Если в цепи переменного тока есть катушка индуктивности, ток запаздывает и коэффициент мощности уменьшается. Если к такой цепи подключить конденсатор, ток будет опережать напряжение и коэффициент мощности возрастёт.

В цепи переменного тока катушки индуктивности и конденсаторы создают сопротивление протеканию тока, и это сопротивление называют *импедансом*.



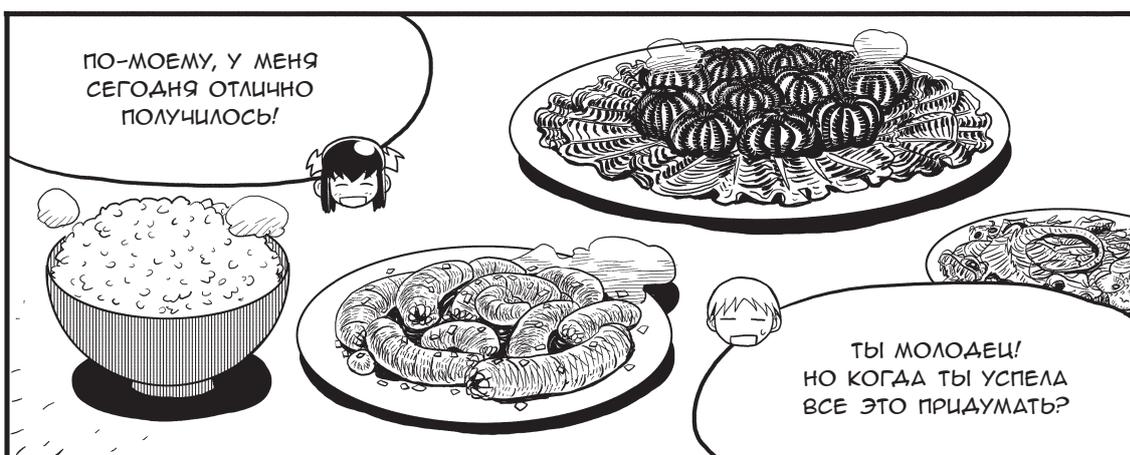
Процессы заряда и разряда конденсатора.

4

КАК ПОЛУЧАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



4.1. ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ





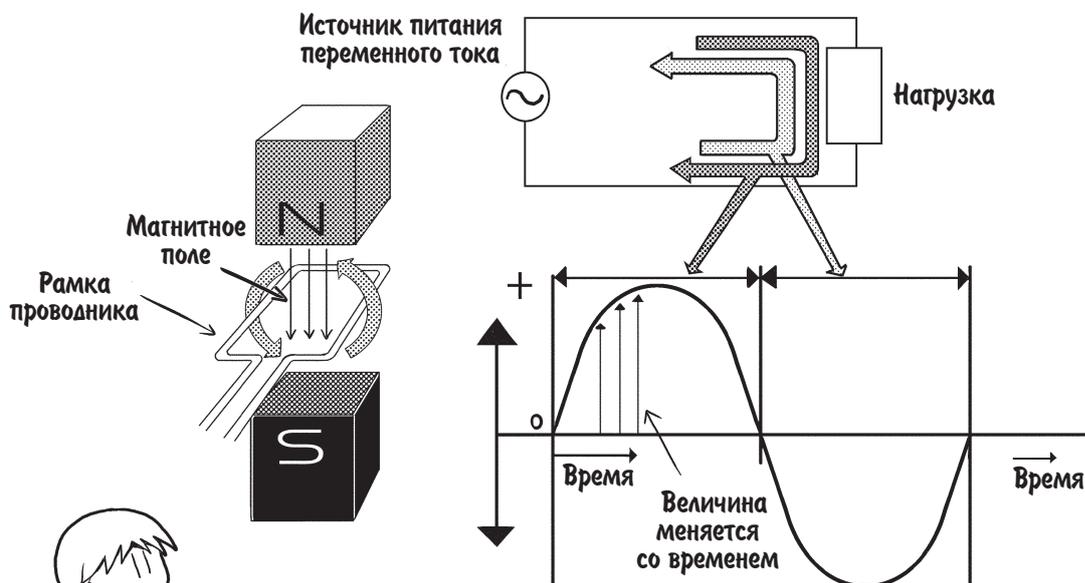


⚡ КАК ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ СОЗДАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

СНАЧАЛА ДАВАЙ ПОГОРИМ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ, ПОЛУЧАЕМОМ ОТ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА. МЫ С ТОБОЙ НЕДАВНО ГОВОРИЛИ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ, СОЗДАННОМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПО ПРАВИЛУ ПРАВОЙ РУКИ.



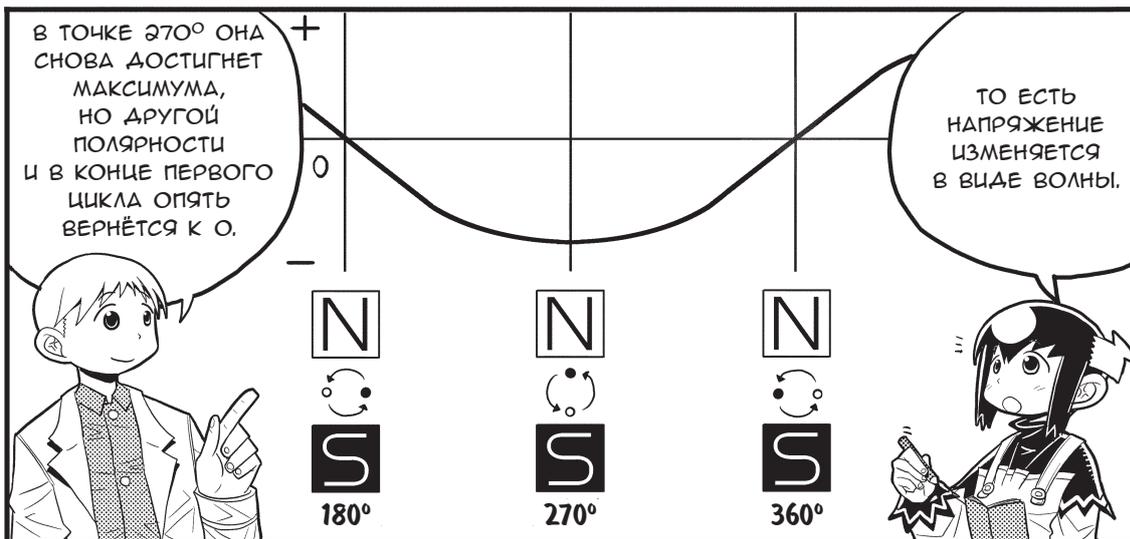
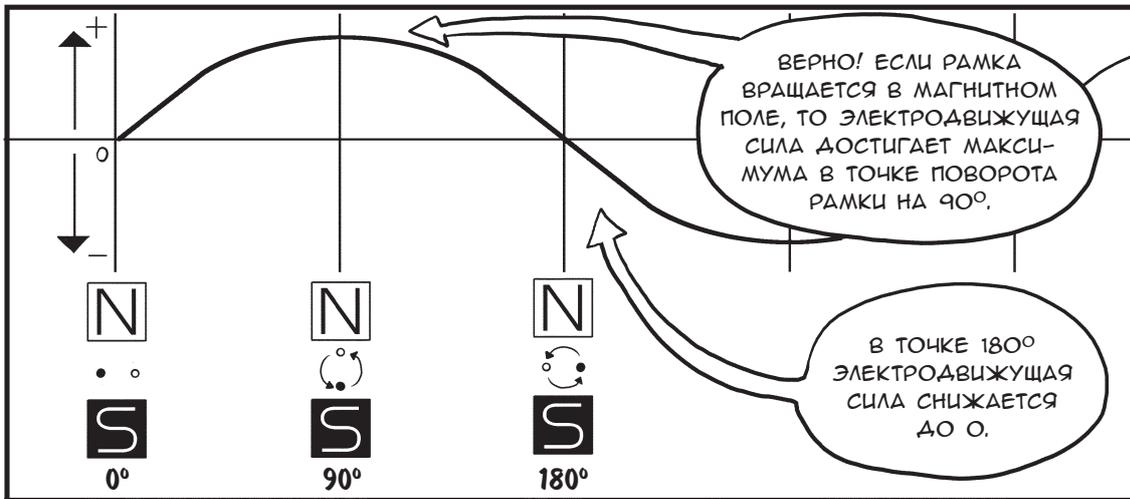
ВОТ ОБ ЭТОМ, ЧТО ЛИ?



ДА, НО НА САМОМ ДЕЛЕ РАМКА ВРАЩАЕТСЯ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ, И ТОК В НЕЙ ИМЕЕТ ФОРМУ ВОЛНЫ, ИЗМЕНЯЯ И ВЕЛИЧИНУ, И НАПРАВЛЕНИЕ.

ЭТО ЖЕ ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК!





ЕСЛИ ПРИНЯТЬ ОДИН ПОЛНЫЙ ОБОРОТ РАМКИ ЗА ОДНУ ВОЛНУ, ТОГДА ПРИ ВРАЩЕНИИ РАМКИ 50 РАЗ ЗА СЕКУНДУ ВОЛНЫ ТОЖЕ БУДУТ ЧЕРЕДОВАТЬСЯ 50 РАЗ ЗА СЕКУНДУ.

ЭТО МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ КАК ЭЛЕКТРИЧЕСТВО С ЧАСТОТОЙ 50 ГЕРЦ.

50 оборотов =
= 50 волн = 50 Гц !!

ЯСНО!

НАПРЯЖЕНИЕ В ОБЫЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РОЗЕТКЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА РАВНО 220 В.

ЭТО **СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**, ПРИ КОТОРОМ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛА, ВЫДЕЛЯЕМОЕ РЕЗИСТОРОМ, ПОДКЛЮЧЁННЫМ К ИСТОЧНИКУ ПИТАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, РАВНО КОЛИЧЕСТВУ ТЕПЛА, ВЫДЕЛЯЕМОМУ ТАКИМ ЖЕ РЕЗИСТОРОМ, ПОДКЛЮЧЁННЫМ К ИСТОЧНИКУ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Постоянный ток (DC)
220 В

Переменный ток (AC)
220 В

↑ Количество вырабатываемого тепла одинаково

ДА?

ВЫ ХОТИТЕ СКАЗАТЬ, ЧТО ЕСЛИ К РЕЗИСТОРУ ПОДКЛЮЧЁН ИСТОЧНИК НАПРЯЖЕНИЯ 220 В, ТО НА НЁМ ВЫДЕЛИТСЯ ОДИНАКОВОЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛА, НЕЗАВИСИМО ОТ ТОГО, КАКОЙ ЭТО ИСТОЧНИК — ПЕРЕМЕННОГО ИЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА?

ДА, НО ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК — ЭТО ВОЛНА, И ПОЭТОМУ...

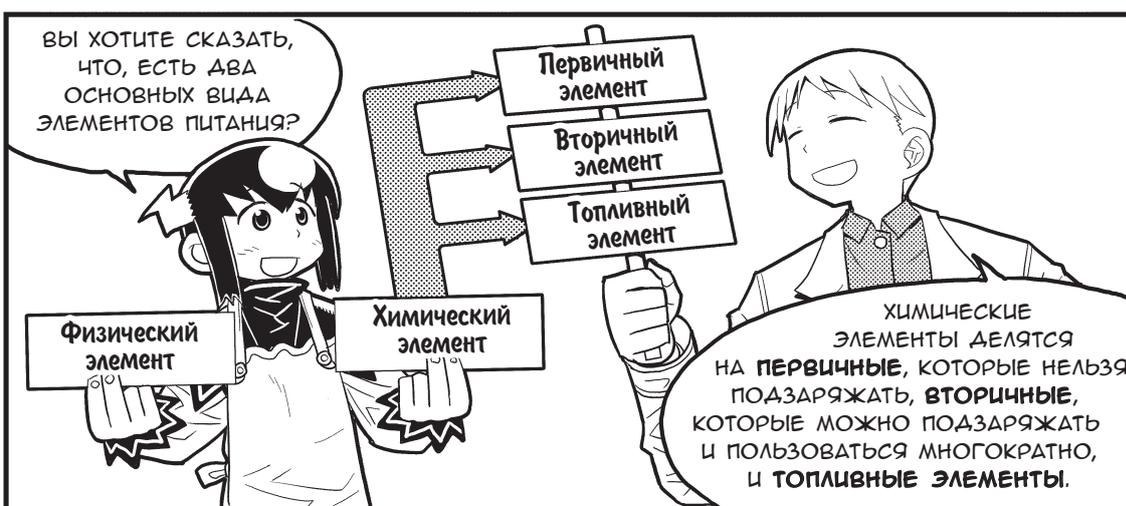
Пиковое напряжение 380 В

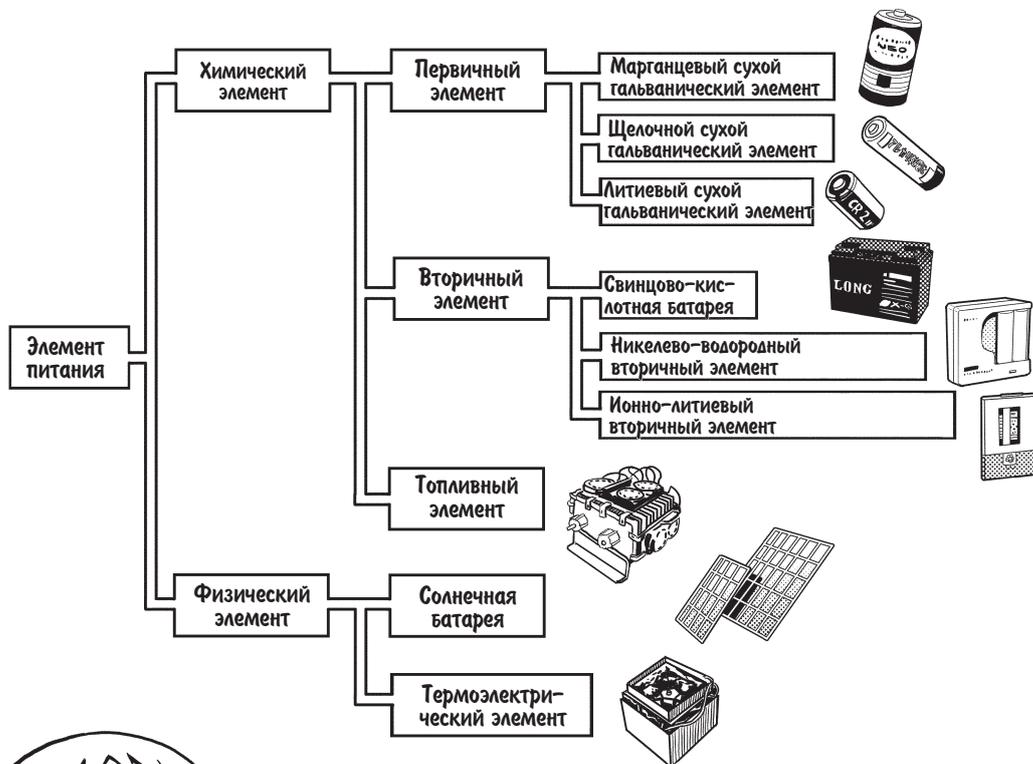
Среднеквадратичное напряжение 220 В

0

...ХОТЯ НАПРЯЖЕНИЕ (СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ) В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РОЗЕТКЕ РАВНО 220 В, НАПРЯЖЕНИЕ В ТОЧКЕ, ГДЕ ВОЛНА ДОСТИГАЕТ МАКСИМУМА, РАВНО ПРИМЕРНО 380 В. ЭТО НАПРЯЖЕНИЕ НАЗЫВАЮТ **ПИКОВЫМ**.

4.2. БАТАРЕИ И ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА





⚡ ВОЛЬТОВА БАТАРЕЯ

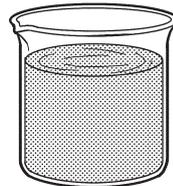


А. ВОЛЬТА



ВОЛЬТА ВЫЯСНИЛ, ЧТО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО МОЖЕТ ВЫРАБАТЫВАТЬСЯ ДВУМЯ РАЗНЫМИ ТИПАМИ МЕТАЛЛОВ И...

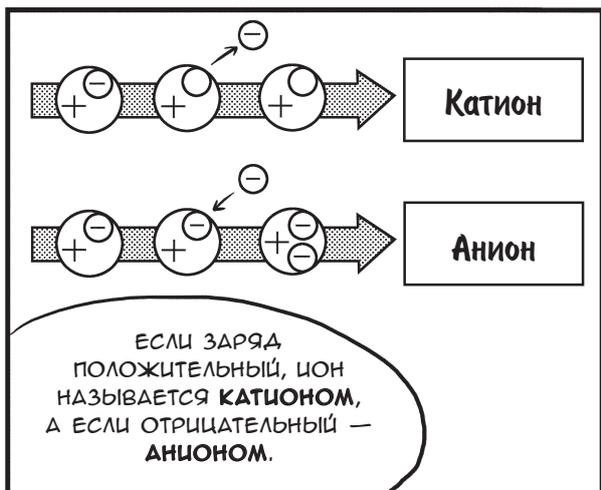
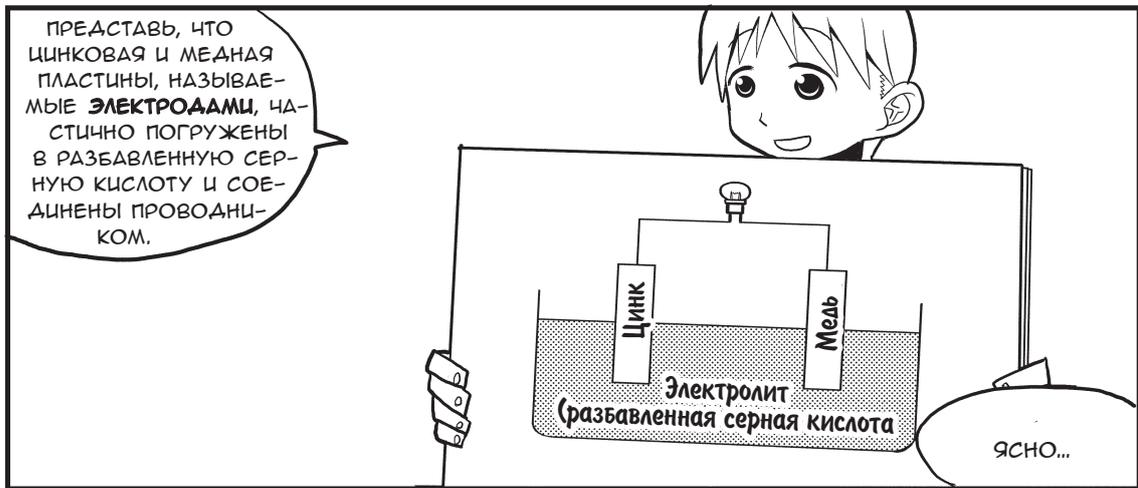
А
Цинковая пластина и т. п.
В
Медная пластина и т. п.

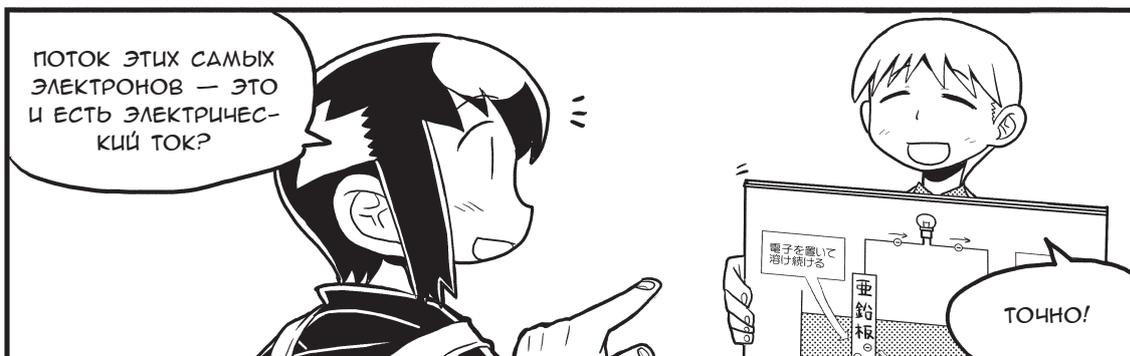
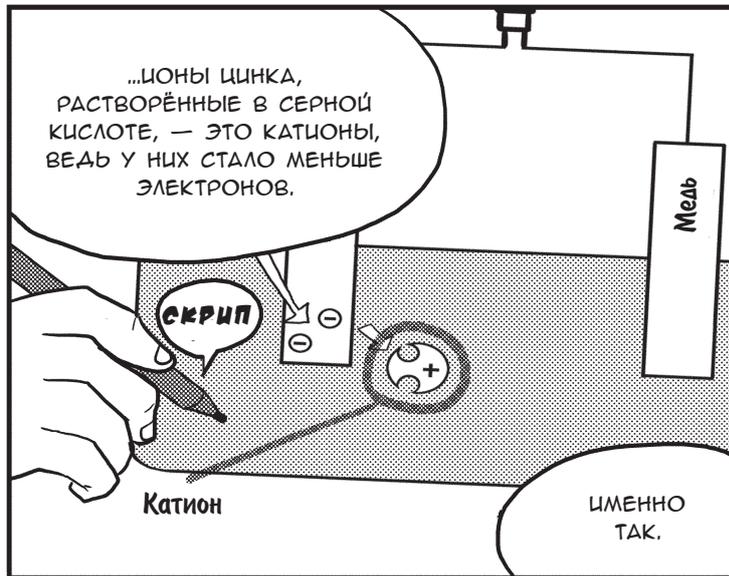


Разбавленная серная кислота

...ЖИДКОСТЬЮ, ЧЕРЕЗ КОТОРУЮ ПРОХОДИТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И КОТОРУЮ НАЗЫВАЮТ ЭЛЕКТРОЛИТОМ.







ЭЛЕКТРОЛИТ (СЕРНАЯ КИСЛОТА) СОСТОИТ ИЗ ИОНОВ ВОДОРОДА H^+ И ИОНОВ SO_4^{2-} .

Ион водорода H^+

Ион серной кислоты SO_4^{2-}

КОГДА В ЭЛЕКТРОЛИТЕ ПОЯВЛЯЮТСЯ ИОНЫ ЦИНКА, А НА МЕДНОЙ ПЛАСТИНЕ — ИЗБЫТОК ЭЛЕКТРОНОВ, ИОНЫ ВОДОРОДА...

...МЕНЕЕ СКЛОННЫЕ К ИОНИЗАЦИИ, ЧЕМ ЦИНК, ОБЪЕДИНЯЮТСЯ С ЭЛЕКТРОНАМИ НА МЕДНОЙ ПЛАСТИНЕ И ОБРАЗУЮТ ГАЗООБРАЗНЫЙ ВОДОРОД.

Электронны

Медь

Ион водорода H^+

Газообразный водород H_2

Газообразный водород

Электронны

Медь

Ион водорода H^+

Газообразный водород H_2

ЗНАЧИТ, АТОМЫ ВОДОРОДА ОБЪЕДИНЯЮТСЯ В МОЛЕКУЛЫ И УЛЕТАЮТ?

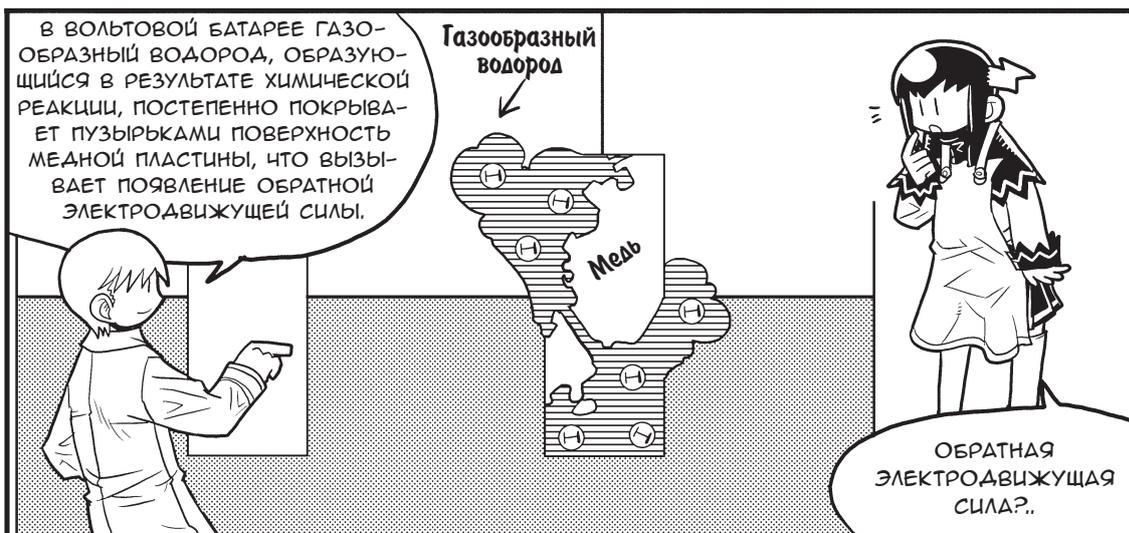
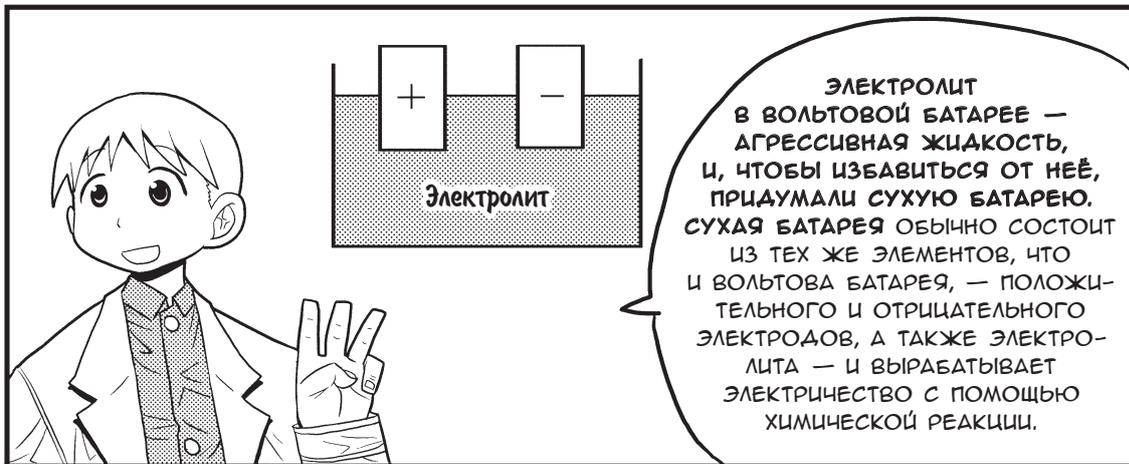
КОГДА ЭЛЕКТРОНЫ РАСХОДУЮТСЯ ТАКИМ ПУТЁМ...

...ДРУГИЕ ЭЛЕКТРОНЫ ОПЯТЬ ПЕРЕХОДЯТ С ЦИНКОВОЙ ПЛАСТИНКИ НА МЕДНУЮ.

ТЕМ САМЫМ И ПРОИЗВОДИТСЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ.

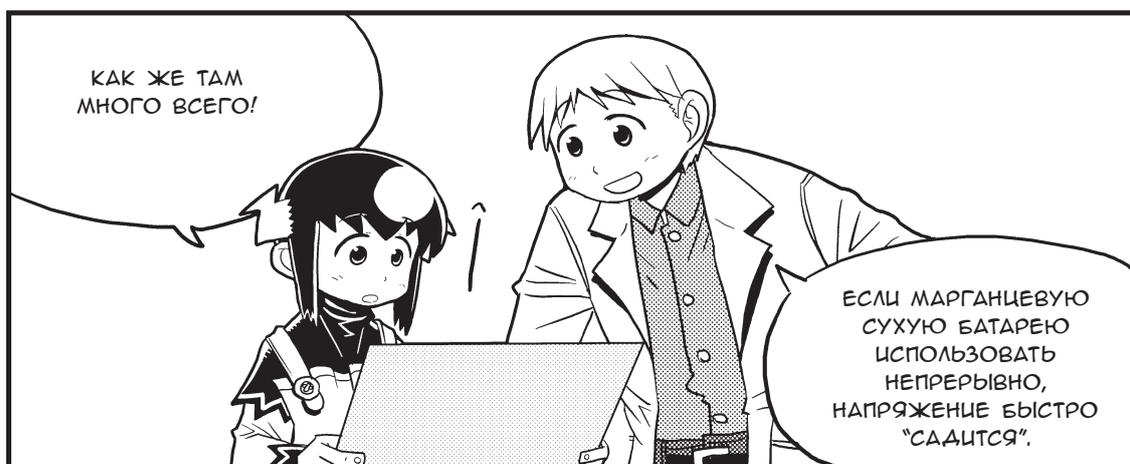
СТУК, СТУК

ПОНЯТНО!

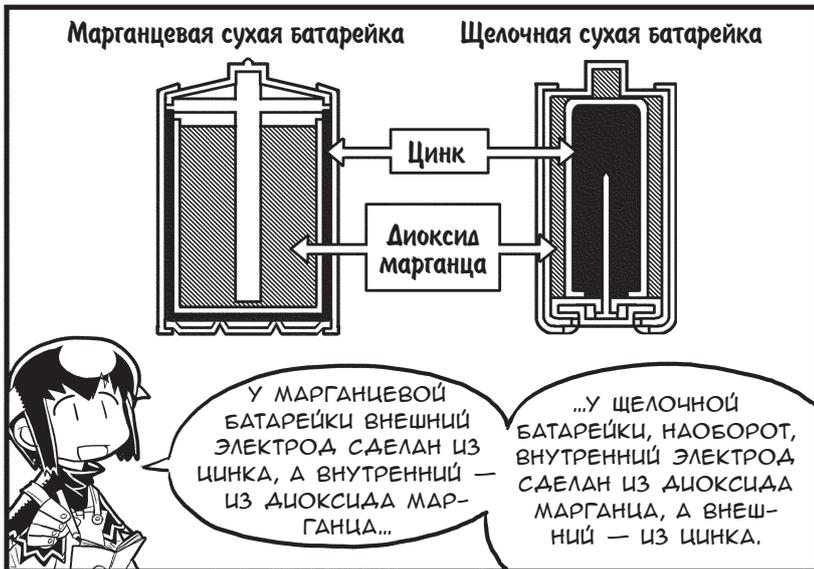








ВНЕШНЕ ОНИ ОЧЕНЬ ПОХОЖИ, ОДНАКО ИХ ВНУТРЕННЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНО ОТЛИЧАЕТСЯ, ДА?



ТАК КАК ЩЕЛОЧНАЯ БАТАРЕЙКА СОДЕРЖИТ МНОГО ДИОКСИДА МАРГАНЦА И ЦИНКА, ОНА ДАЁТ БОЛЬШЕ ТОКА И ИМЕЕТ БОЛЬШЕЕ ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Марганцевая батарейка

Щелочная батарейка

ЗНАЧИТ, ЩЕЛОЧНАЯ БАТАРЕЙКА БОЛЬШЕ ПОДХОДИТ ДЛЯ ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ, ТРЕБУЮЩИХ БОЛЬШЕГО ТОКА, НАПРИМЕР ЭЛЕКТРОМОТОРОВ.

ясно.

Марганцевая батарейка
Если ей дать отдохнуть, напряжение восстановится
Часы
Пульт ДУ
Фонарик

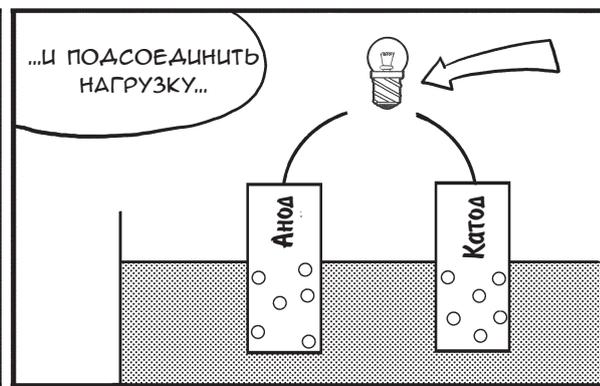
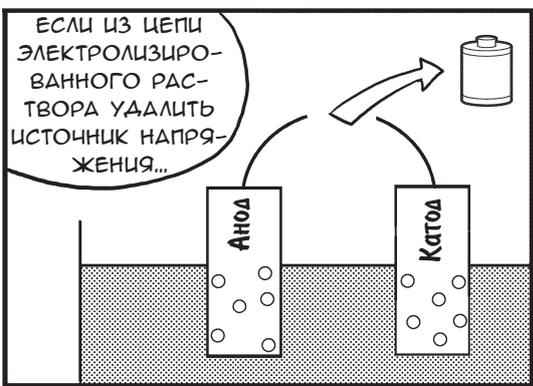
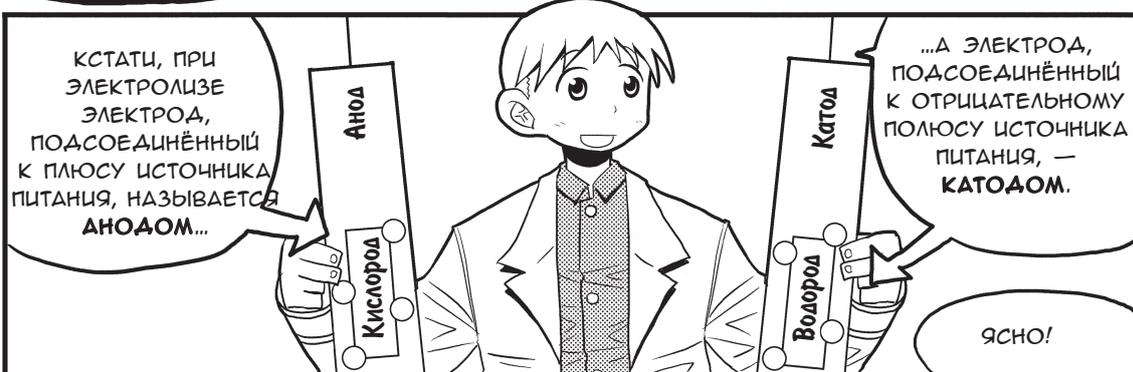
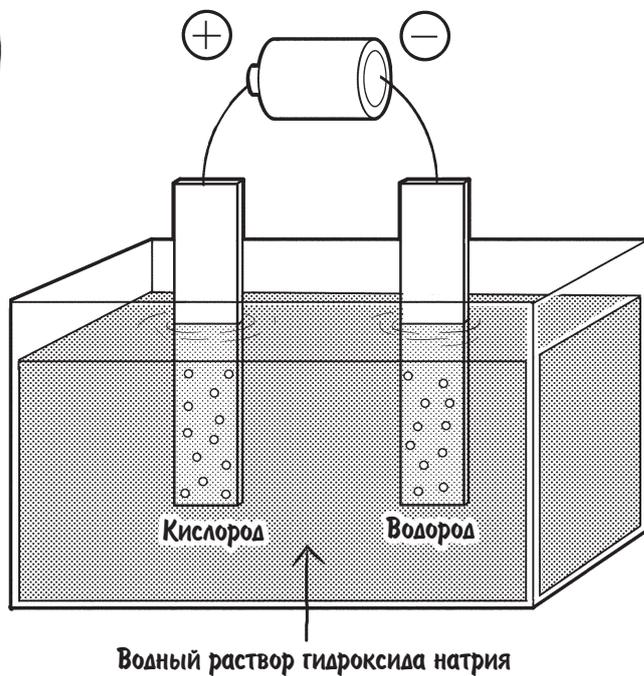
Щелочная батарейка
Непрерывная выработка большой мощности
Электродвигатель
Цифровая камера
Портативный радиоприёмник

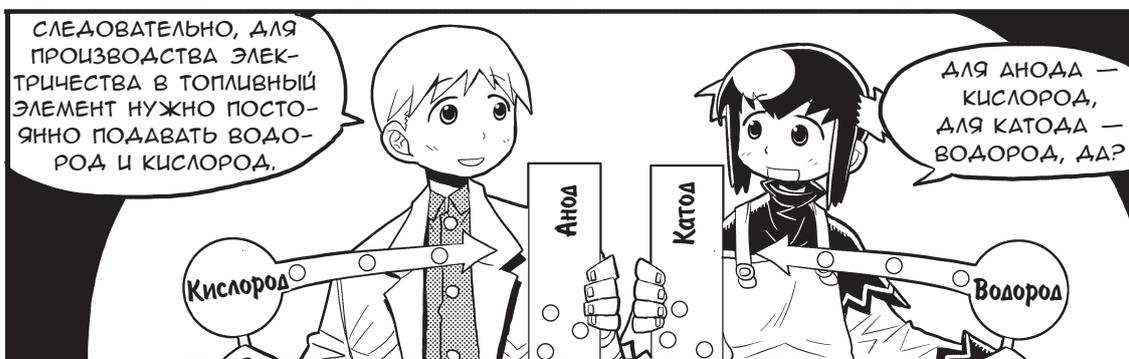
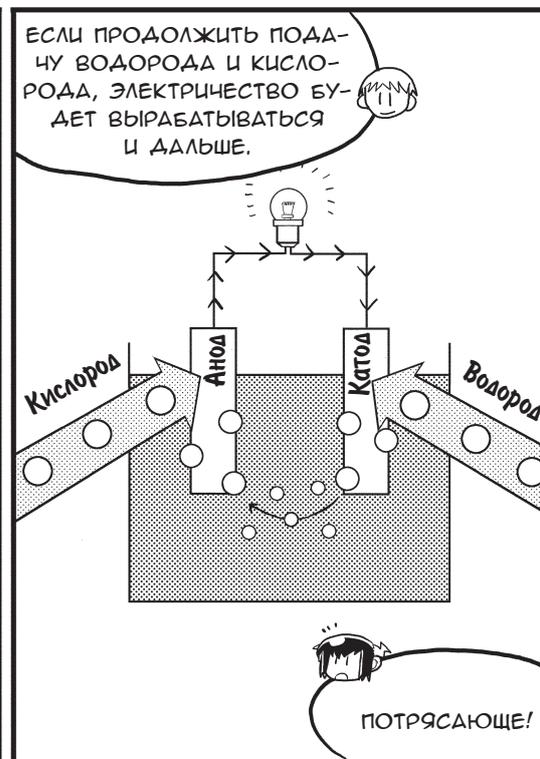
ЗНАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СУХИХ БАТАРЕЕК ПОМОЖЕТ МНЕ ПРИ ВЫБОРЕ ПОДХОДЯЩЕГО ТИПА БАТАРЕЙКИ!

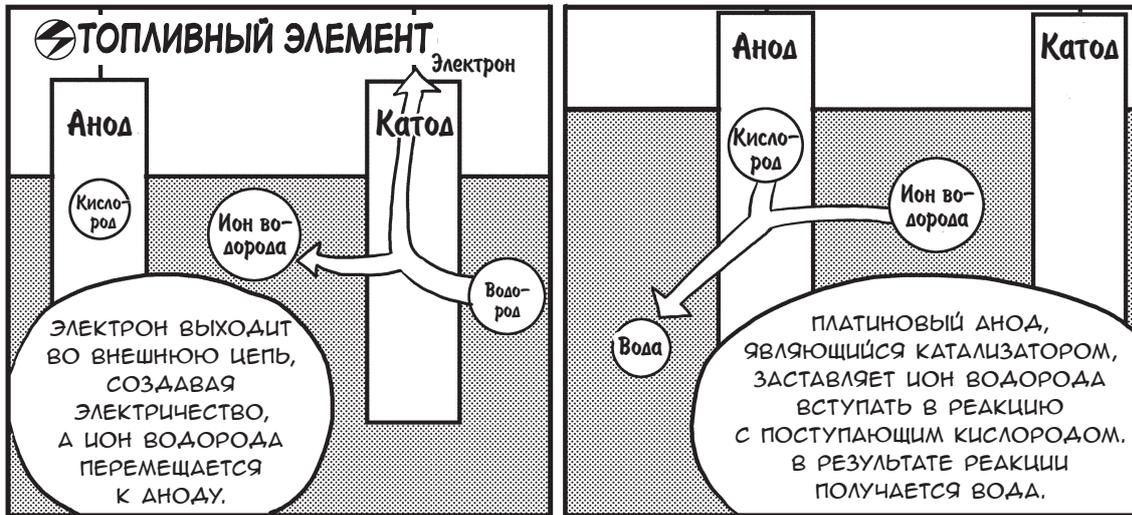
ВОТ ИМЕННО!



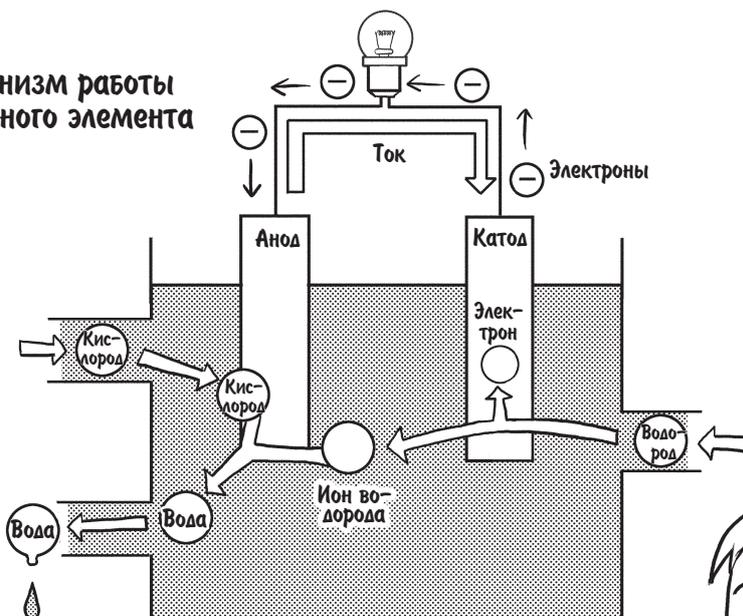
КОГДА
 ЧЕРЕЗ РАСТВОР
 ПРОХОДИТ ТОК, НА СООТ-
 ВЕТСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОДАХ,
 СДЕЛАННЫХ ИЗ ПЛАТИНЫ ИЛИ
 ДРУГОГО НЕРЖАВЕЮЩЕГО МА-
 ТЕРИАЛА, ОБРАЗУЮТСЯ ВОДО-
 РОД И КИСЛОРОД.







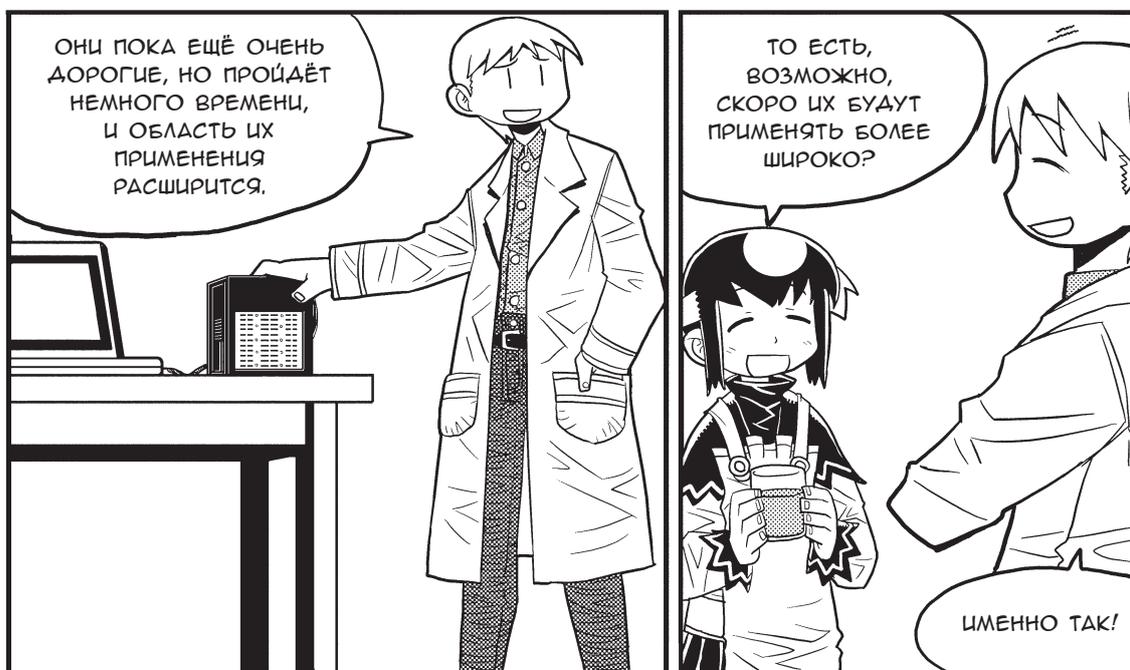
Механизм работы топливного элемента



ЕСЛИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ВЫДЕЛЯЕТСЯ ТОЛЬКО ВОДА, ЭТО ЖЕ ХОРОШО ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ!



УГУ.



4.3. БАТАРЕЯ СВОИМИ РУКАМИ

КАК ИЗГОТОВИТЬ БАТАРЕЮ ИЗ МОНЕТКИ



Электролит

РАЗ МЫ УЖЕ ЗНАЕМ О ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В БАТАРЕЯХ, МЫ ЛЕГКО МОЖЕМ СДЕЛАТЬ ЕЁ САМИ.

ДА НУ?

НАМ ПОНАДОБИТСЯ ВСЕГО ЛИШЬ ДВА РАЗНЫХ МЕТАЛЛА И ЭЛЕКТРОЛИТ. ВОЗЬМЁМ ДЛЯ ЭТОГО ТО, ЧТО ЕСТЬ ПОД РУКОЙ.

ШУРХ

ШУРХ

НАПРИМЕР...

...ВОТ ЧТО НАМ НУЖНО!

Вода

Поваренная соль

Медная монета

Ткань

Алюминиевая монета

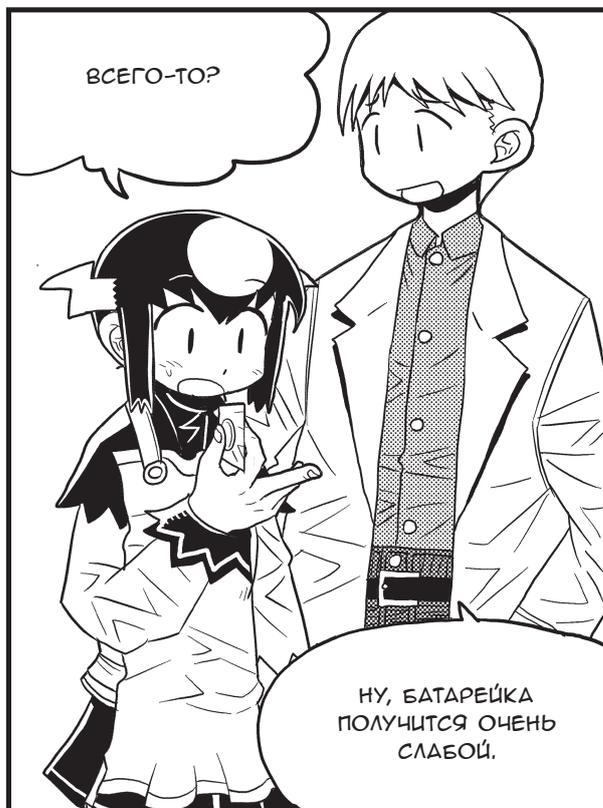
УХ ТЫ!

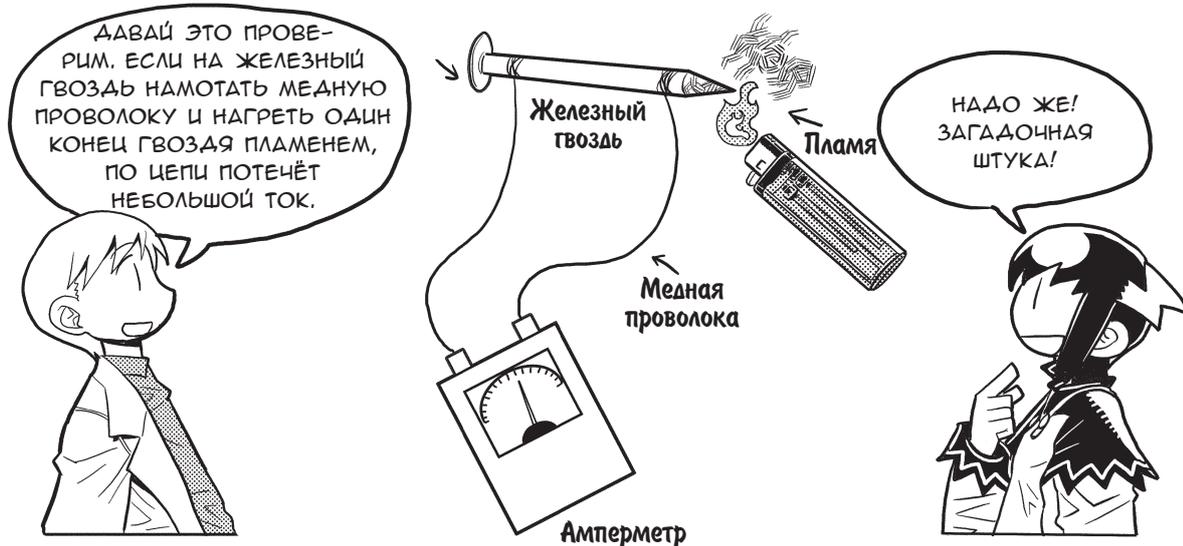
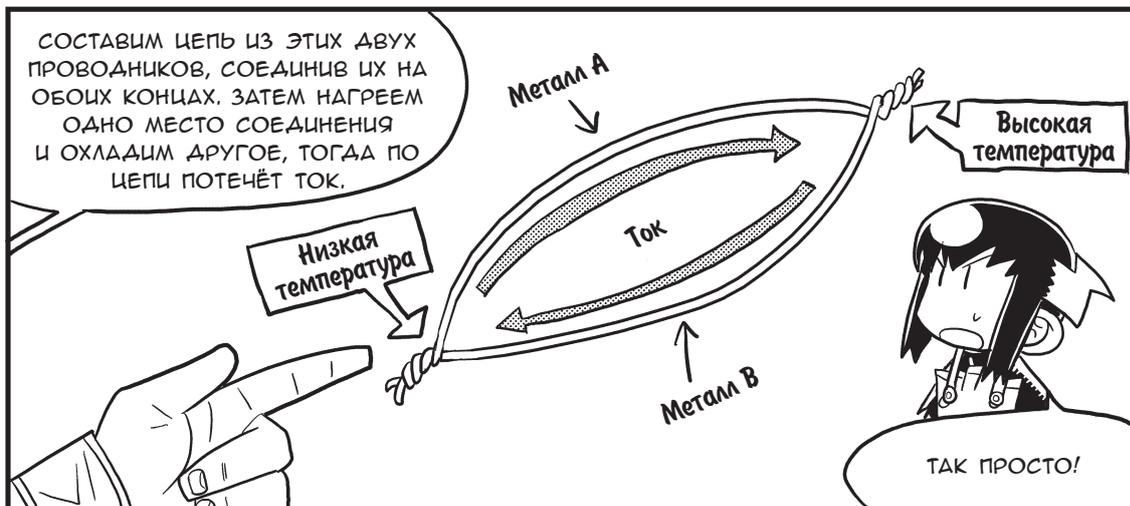
ЕСЛИ В КАЧЕСТВЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА ВЗЯТЬ МЕДНУЮ МОНЕТУ, СЛОЖЕННЫЙ КУСОЧЕК ФОЛЬГИ В КАЧЕСТВЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА, А МЕЖДУ НИМИ ПРОЛОЖИТЬ ТКАНЬ, СМОЧЕННУЮ В РАСТВОРЕ ПИЩЕВОЙ СОЛИ (ЭЛЕКТРОЛИТ), У НАС ПОЛУЧИТСЯ БАТАРЕЙКА!

Медная монета (+)

Алюминиевая монета (-)

Ткань, смоченная в соленой воде





ЧЕМ БОЛЬШЕ РАЗНИЦА ТЕМПЕРАТУР МЕЖДУ СОЕДИНЕНИЯМИ, ТЕМ БОЛЬШЕ ТОК. ПОКА СУЩЕСТВУЕТ РАЗНИЦА ТЕМПЕРАТУР, ПО ЦЕПИ БУДЕТ ТЕЧЬ ТОК.

Низкая температура

Понижение

Ток

Повышение

Высокая температура

ФАНТАСТИКА!

МЕСТА СОЕДИНЕНИЙ ДВУХ МЕТАЛЛОВ НАЗЫВАЮТ ТЕРМОПАРОЙ.

ЕСЛИ К ЦЕПИ ПОДКЛЮЧИТЬ АМПЕРМЕТР, ЕГО МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ КАК ТЕРМОМЕТР.

Амперметр измеряет ток в цепи

КЛАСС!

ТО ЕСТЬ МЫ МОЖЕМ ОПРЕДЕЛИТЬ ТЕМПЕРАТУРУ НА ТЕРМОПАРЕ, ИЗМЕРИВ ВЕЛИЧИНУ ТОКА, ТАК?

ИМЕННО!

ТАКЖЕ СУЩЕСТВУЕТ ЯВЛЕНИЕ, ПРОТИВОПОЛОЖНОЕ ЭФФЕКТУ ЗЕЕБЕКА. ЕСЛИ К ТЕРМОПАРЕ ПОДСОЕДИНИТЬ ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО ТОКА И ПУСТИТЬ ТОК, ТЕРМОПАРА НА ОДНОЙ СТОРОНЕ БУДЕТ ПОГЛОЩАТЬ ТЕПЛО, А НА ДРУГОЙ СТОРОНЕ ВЫДЕЛЯТЬ ЕГО.

Источник постоянного тока

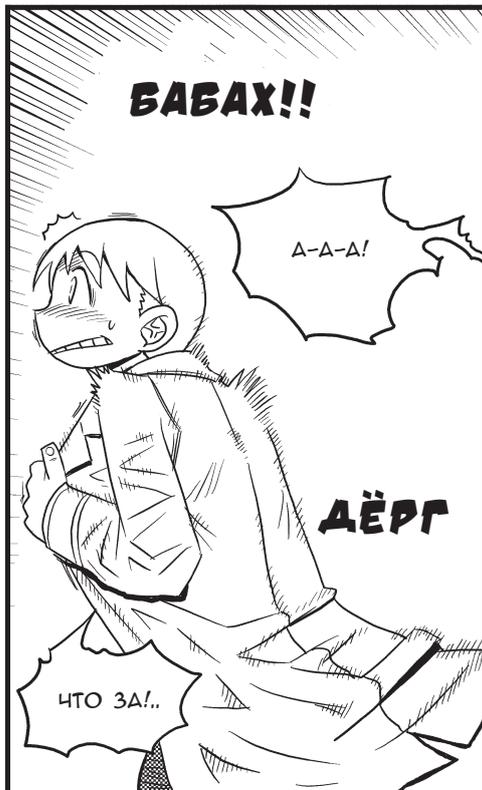
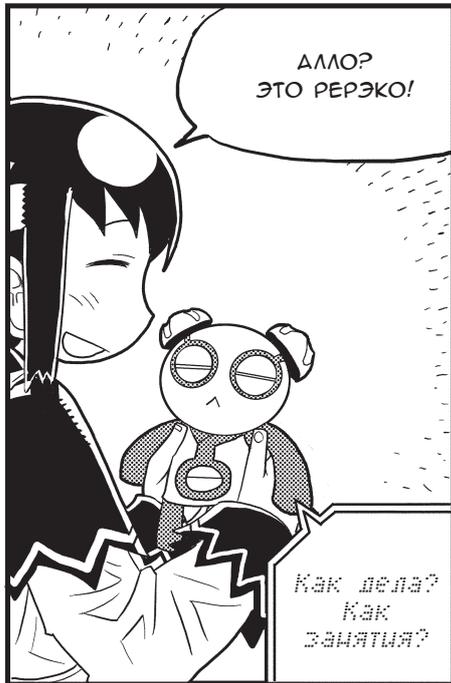
Металл А

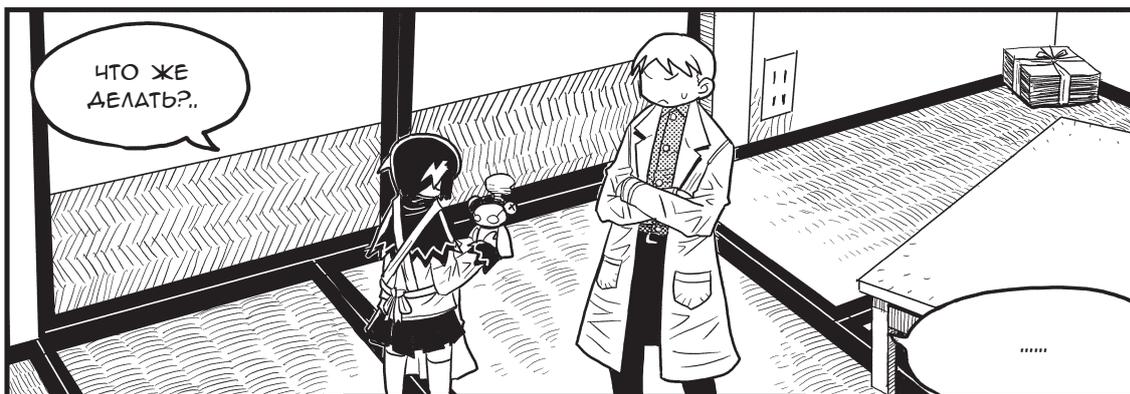
Поглощение тепла

Металл В

Выделение тепла



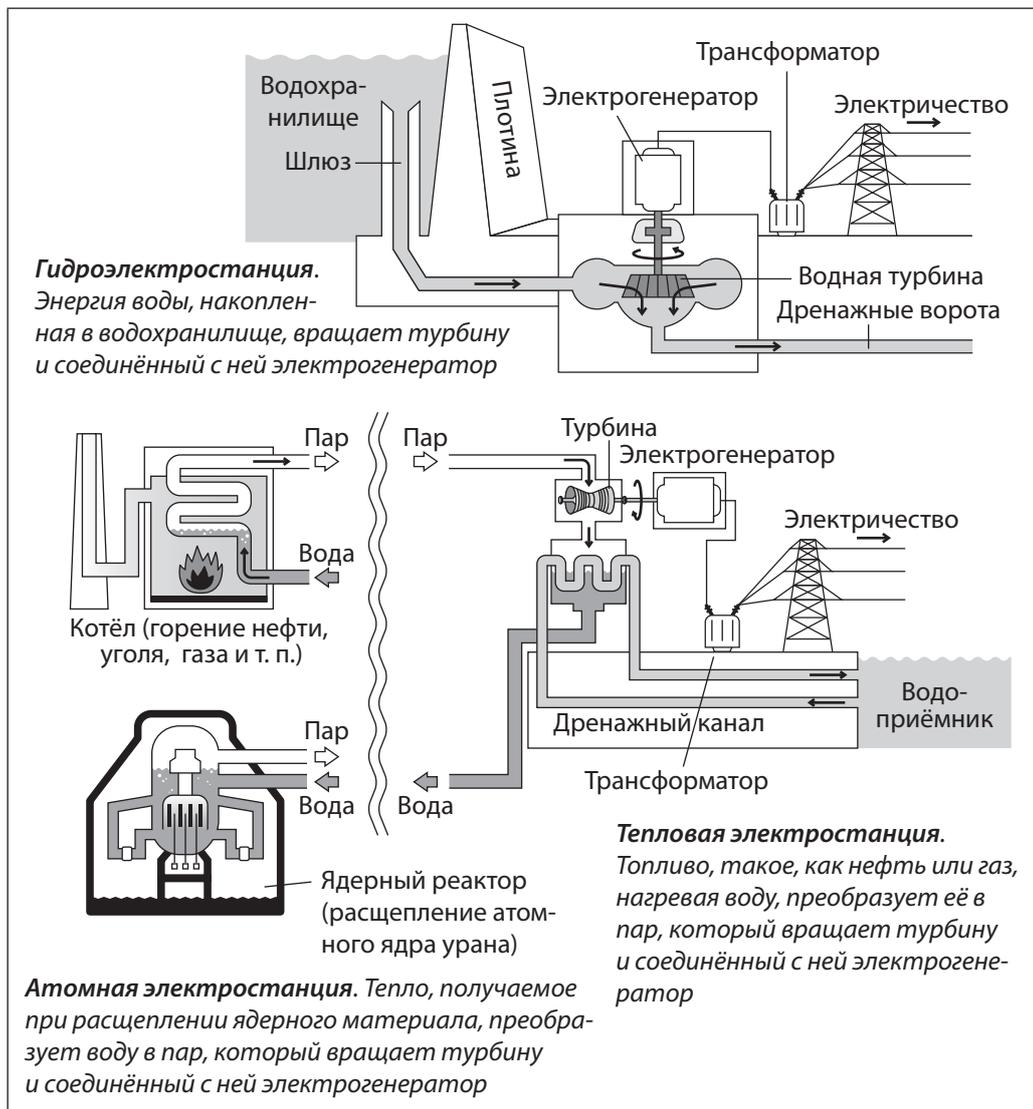




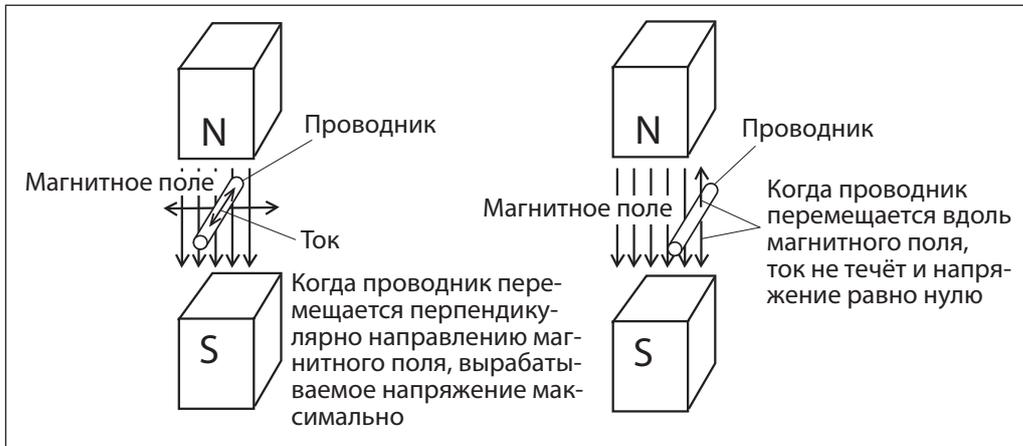


⚡ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ВЫРАБАТЫВАЕМОЕ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На электростанциях либо вода, либо пар, полученный с помощью тепловой или ядерной энергии, вращает турбину генератора, вырабатывая электричество.

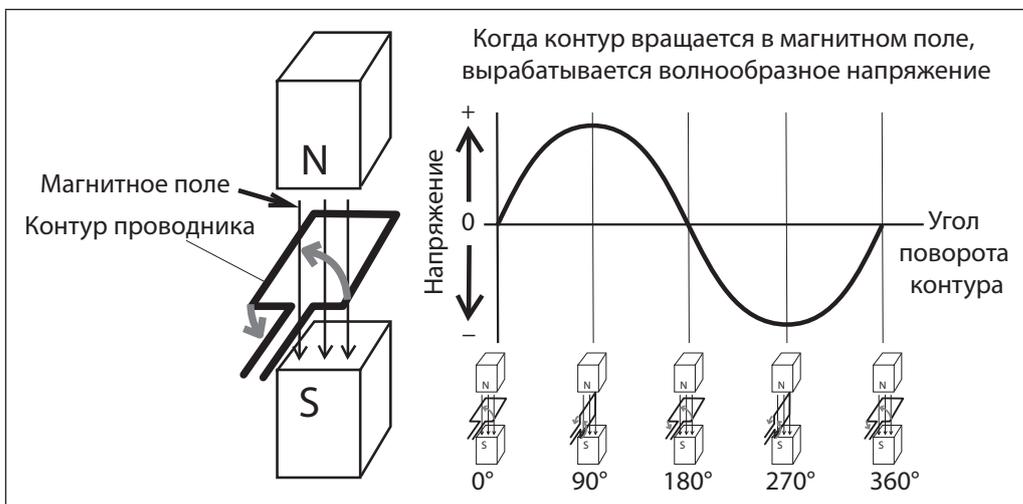


Электричество, вырабатываемое на электростанции.



Электричество, вырабатываемое в проводнике.

Электродвигатель вырабатывает электричество за счёт вращения турбины. Так как проводник вращается внутри магнитного поля, величина и направление вырабатываемого электрического напряжения меняются волнообразно. Когда контур проводника проходит через магнитное поле под прямым углом, напряжение максимально, а когда направление магнитного поля и направление движения контура совпадают, напряжение равно нулю.



Электричество, вырабатываемое электродвигателем.

Полученное таким образом электричество является *переменным током* (АС). Именно такое электричество подаётся в наши дома. Одна волна создаётся одним циклом вращения проводника в маг-

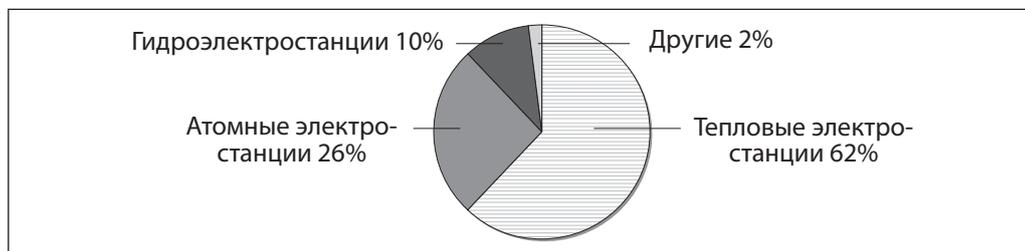
нитном поле. Если проводник вращается со скоростью 50 оборотов в секунду, получится 50 волн в секунду. Так получают электричество частотой 50 герц (Гц).

В обычной электрической розетке напряжение составляет 220 В переменного тока (АС). *Пиковое напряжение* такого электричества равно примерно 380 В. Величина 220 В представляет собой *среднеквадратичное напряжение*, т. е. такое напряжение, при котором постоянный ток (DC) выполняет такую же работу. Другими словами, среднеквадратичное напряжение 220 В переменного тока — это такое напряжение, при котором на резисторе выделяется такое же количество тепла, как и при подаче на него напряжения 220 В постоянного тока.



Среднеквадратичное и пиковое напряжение переменного тока (АС).

В Японии 98% всей электроэнергии вырабатывается на тепловых, ядерных и гидроэлектростанциях.



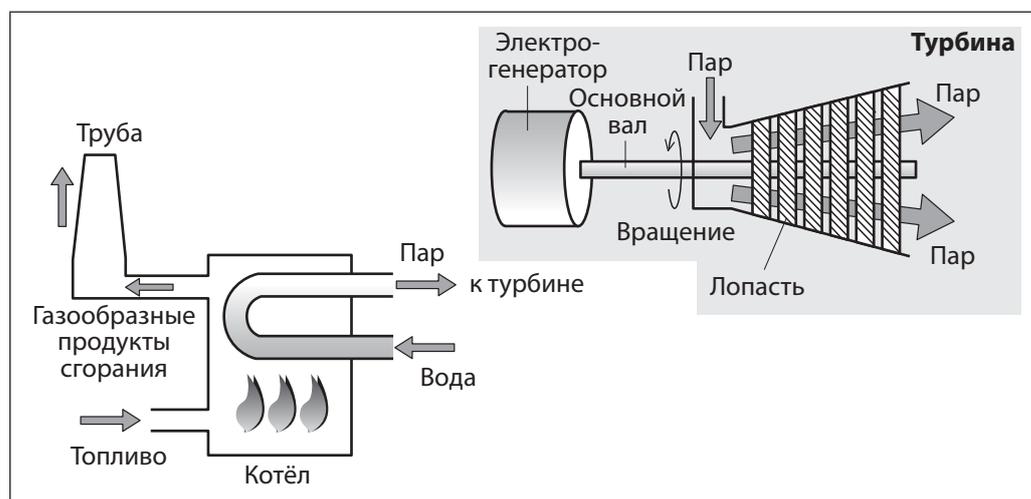
Вклад электростанций различных типов в общую выработку электроэнергии.

ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Тепловые электростанции делятся по типу выработки электричества на паровые, внутреннего сгорания, газотурбинные и теплоэлектростанции комбинированного цикла.

На *паровых теплоэлектростанциях* в котле сгорает топливо, такое, как нефть, уголь или сжиженный природный газ, и вырабатывается пар, обладающий большим давлением и высокой температурой. Сила этого пара вращает турбину, которая связана с электрогенератором, вырабатывающим электричество.

Отработанный пар охлаждают в устройстве, называемом *конденсор*, пока он не превратится в воду, а затем эту воду снова отправляют в котёл.

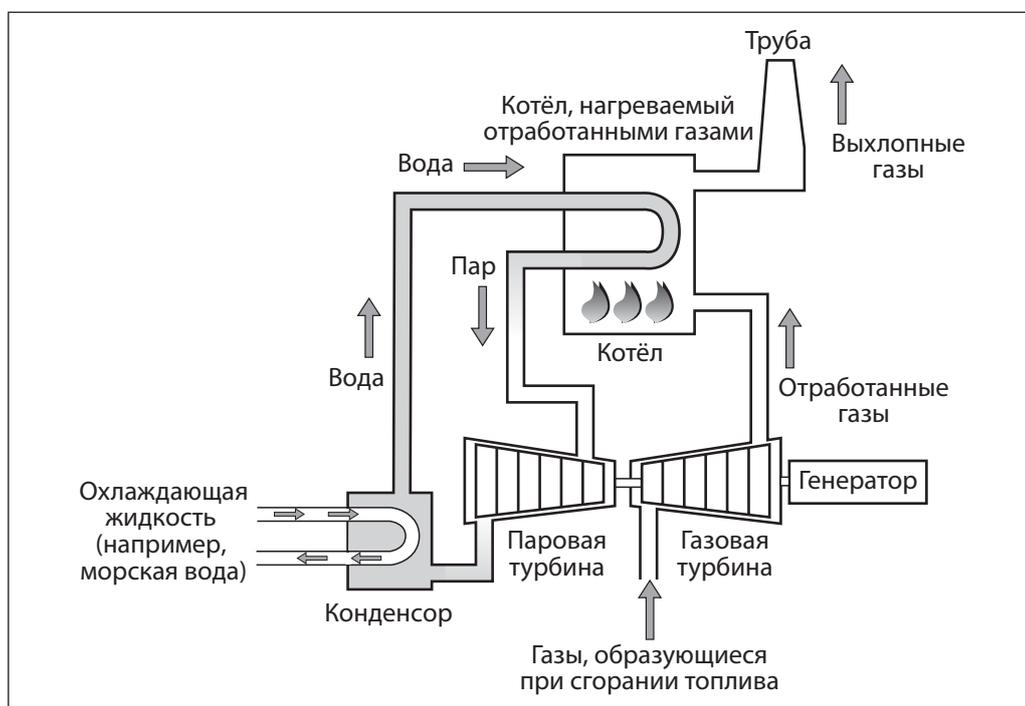


Газотурбинная и паровая выработка электроэнергии.

На теплоэлектростанциях для выработки электричества могут использоваться двигатели внутреннего сгорания (ДВС), например дизели.

На *газотурбинных* теплоэлектростанциях турбину вращают с помощью газов, образующихся при сгорании, например, керосина или дизельного топлива. Далее связанный с турбиной электрогенератор вырабатывает электричество.

При *парогазовом цикле* сочетаются паровой и газотурбинный способы выработки электричества. В этом случае электричество вырабатывается газовой турбиной, а затем тепло отработанных газов используется для создания пара, который вращает паровую турбину, вырабатывающую дополнительное электричество. Этот способ выработки электричества достаточно эффективен.



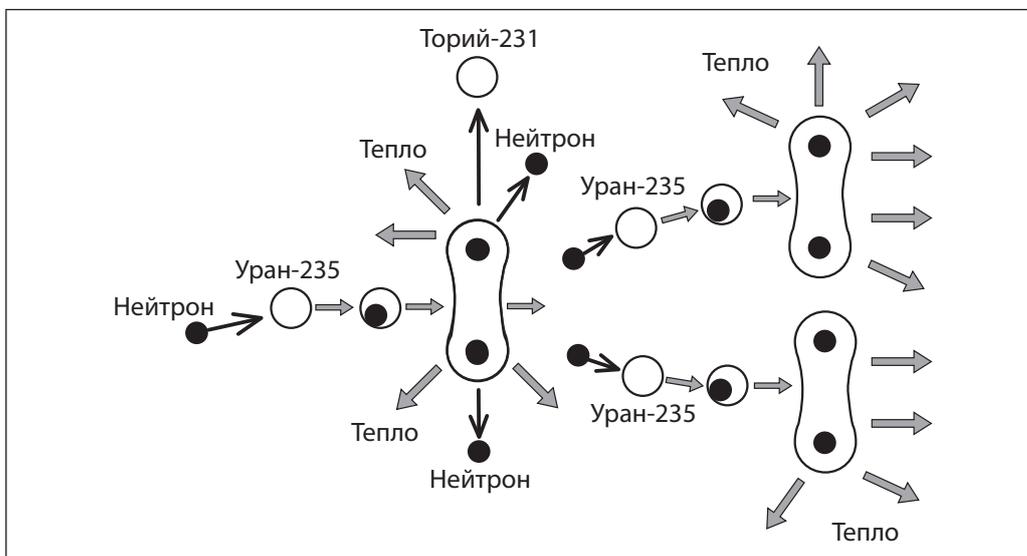
Парогазовый цикл.

⚡ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

При выработке электроэнергии *атомной электростанцией* используется тепло, полученное при делении атомного ядра урана в ядерном реакторе. В результате нагрева образуется пар, обладающий большим давлением и высокой температурой, который вращает турбину, вырабатывая электричество.

Когда в реакторе нейтрон сталкивается с ядром урана-235, ядро расщепляется на два; при этом освобождается энергия и выделяется несколько нейтронов. Выделившиеся нейтроны сталкиваются с другими ядрами урана-235, вызывая их расщепление и появление новых нейтронов. Процесс развивается с выделением большого количества тепла.

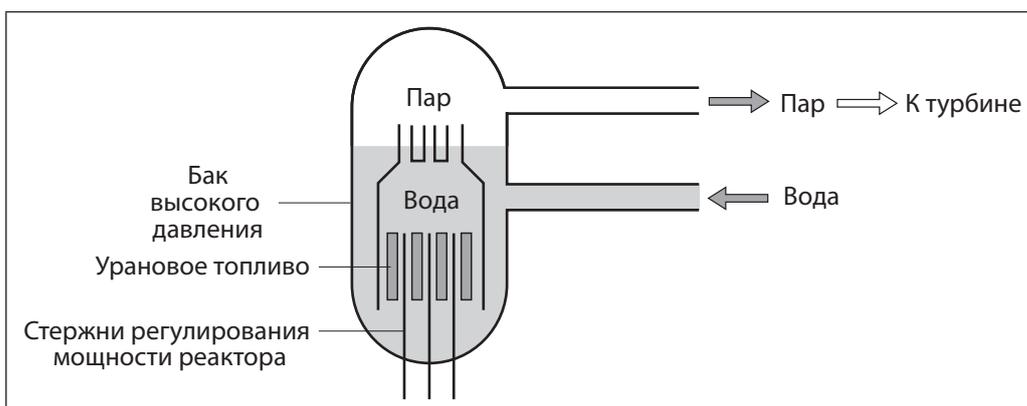
На атомной станции это тепло превращается в пар, который, также как и на тепловых электростанциях, вращает турбину и вырабатывает электричество. Выходную мощность атомных реакторов регулируют, управляя процессом деления ядер с помощью стержней, которые поглощают нейтроны, а также замедлителя, который уменьшает скорость нейтронов.



Деление ядер урана-235.

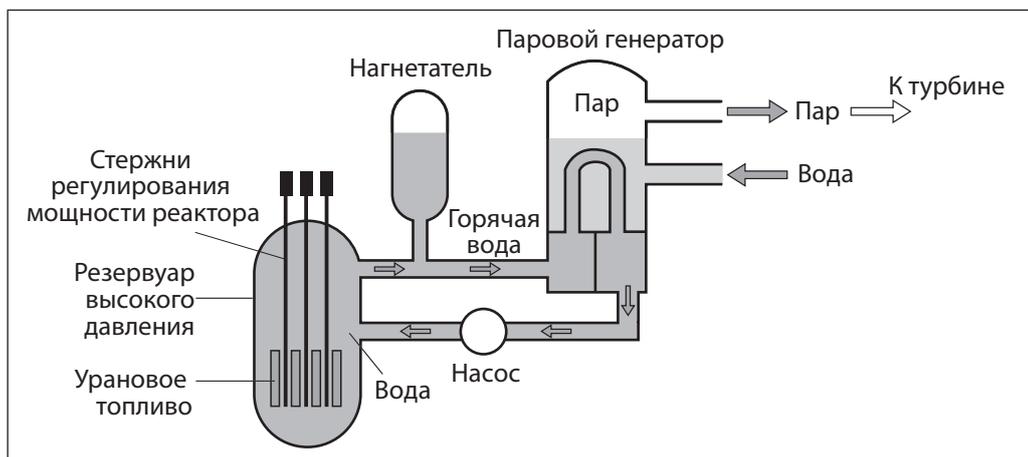
Существует несколько типов атомных реакторов. В настоящее время в основном применяются *ядерные реакторы на лёгкой воде*, которые в качестве замедляющего и охлаждающего вещества используют лёгкую (т. е. обычную) воду. Реакторы на лёгкой воде включают в себя кипящие реакторы и реакторы, охлаждаемые водой под давлением (водо-водяные реакторы).

Кипящий реактор направляет пар, полученный в баке высокого давления, непосредственно к турбине. После того как пар, попав на лопатки, провернул турбину, он преобразуется обратно в воду в устройстве, называемом *конденсор*, и затем вода используется повторно.



Кипящий реактор.

В водо-водяном реакторе пар, образовавшийся в баке высокого давления, направляется в паровой генератор, в котором вода из другого контура превращается в пар, вращающий турбину.



Реактор, охлаждаемый водой под давлением (водо-водяной реактор).

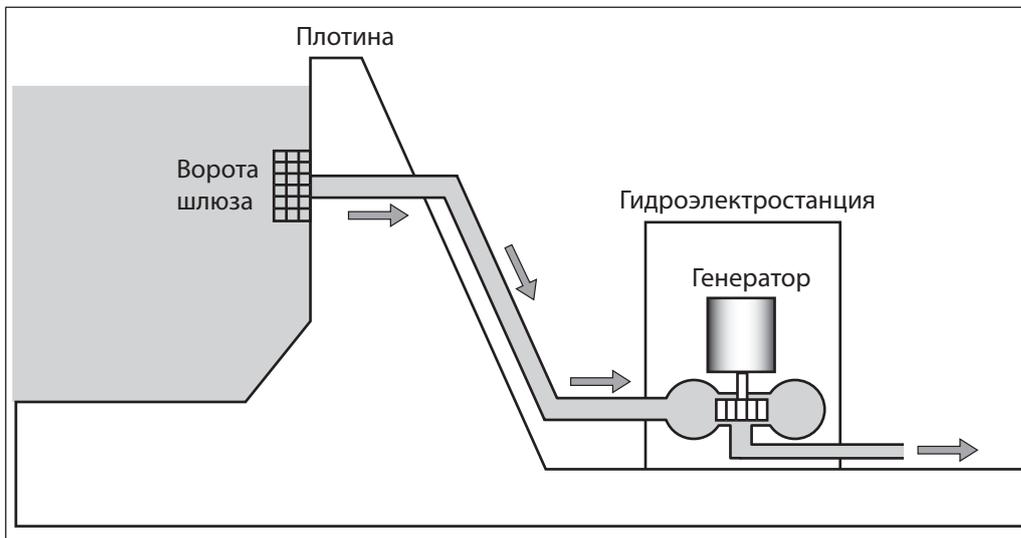
⚡ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Гидроэлектростанции для выработки электричества используют потенциальную энергию воды.

На *гидроэлектростанции с плотиной* вода накапливается в водохранилище выше по течению реки перед станцией и затем падает с высоты, вращая турбину, соединённую с электрогенератором, который вырабатывает электричество.

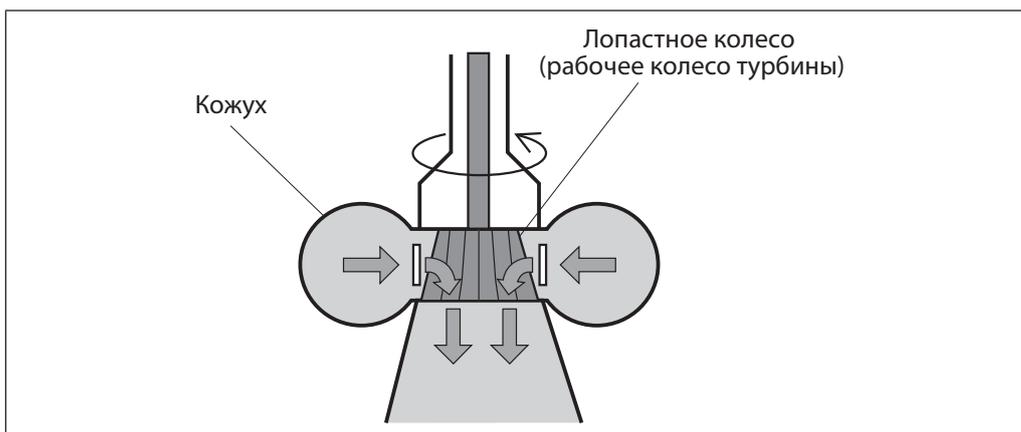
Запуск и остановка электрогенерации, а также регулировка количества вырабатываемой электроэнергии здесь реализуются проще, чем, например, на тепловых или атомных электростанциях, благодаря чему можно вырабатывать электроэнергию с учётом меняющихся потребностей. Когда потребности в электричестве снижены, помпа перекачивает воду в специальные накопительные верхние бассейны. Когда возникает потребность, вода из них поступает на турбины.

Чтобы эффективно использовать энергию воды, на гидроэлектростанциях применяют несколько типов водных турбин для разных целей в соответствии с *гидростатическим напором* (разностью высот) или количеством воды.



Гидроэлектростанция с плотиной.

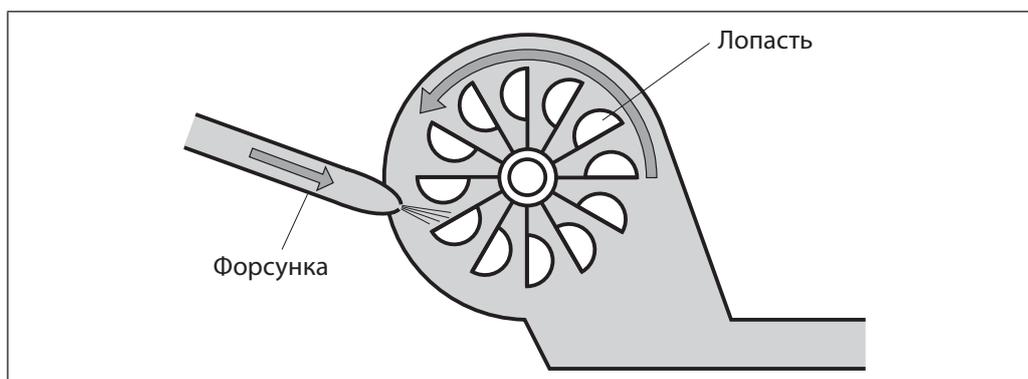
При большом объёме проходящей воды и уровне от среднего до высокого используется *радиально-осевая гидротурбина (турбина Френсиса)*. В Японии этот вид турбины применяется примерно на 70% от общего числа гидроэлектростанций. Вода со всех направлений поступает на лопасти главного вала, заставляя его вращаться, при этом вал располагается перпендикулярно потоку воды. Затем лопасти направляют воду вниз, параллельно главному валу, раскручивая его ещё сильнее.



Радиально-осевая гидротурбина.

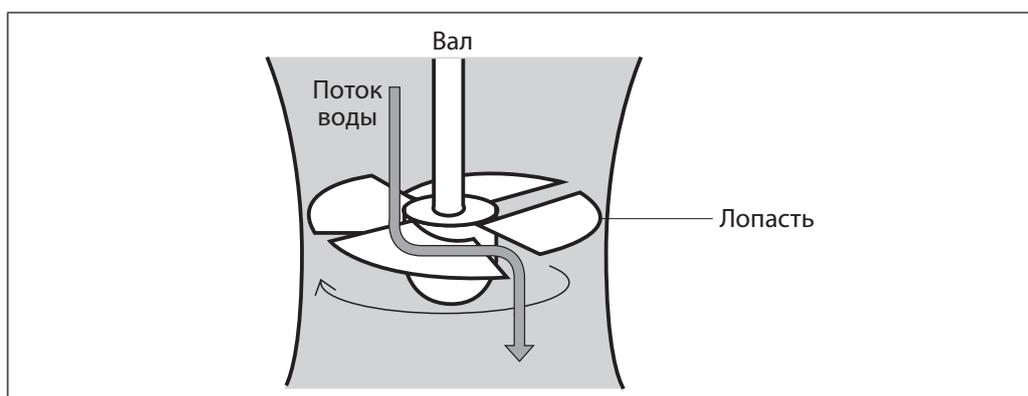
Тангенциальная турбина (колесо Пельтона) — это турбина, вращающаяся в результате кинетической энергии воды, с силой выры-

вающейся из форсунки и ударяющейся в ложкуобразную лопасть. Эта турбина используется там, где есть высокий гидростатический напор.



Тангенциальная турбина (колесо Пельтона).

Поворотно-лопастная турбина (турбина Каплан) — турбина, при вращении которой несколько пропеллерных лопастей, соединённых с осью, корректируют углы в соответствии с изменением объёма проходящей воды или в соответствии с гидростатическим напором. Этот тип турбины используют в местах с низким гидростатическим напором. Поворотно-лопастная турбина, которая не корректирует угол лопастей, называется *пропеллерной турбиной (гидротурбиной с неподвижными лопастями)*.

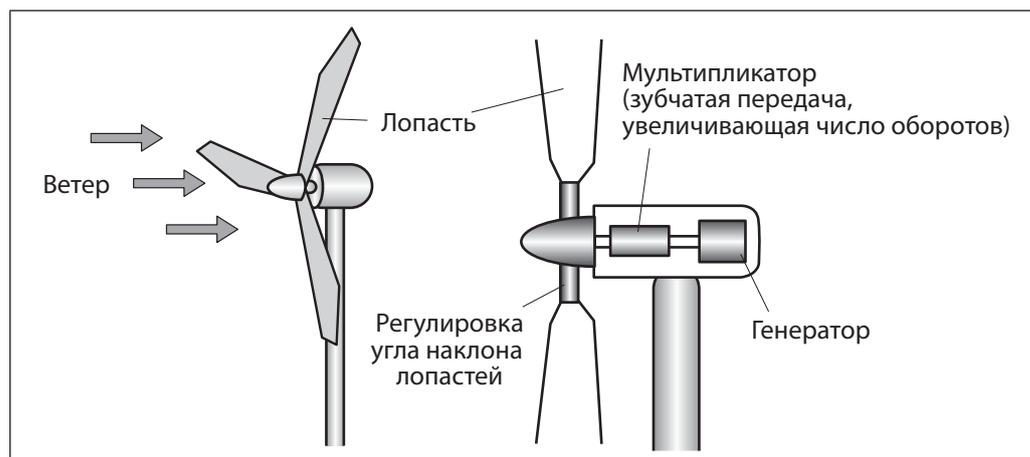


Поворотно-лопастная турбина (турбина Каплан).

Хотя в Японии гидроэлектростанции составляют всего 10 процентов от общего числа электростанций, они представляют особый интерес для страны с ограниченными ресурсами.

ВЕТРОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На ветровых электростанциях для вращения турбины используется ветер; турбина в свою очередь вращает электрогенератор, вырабатывающий электричество.



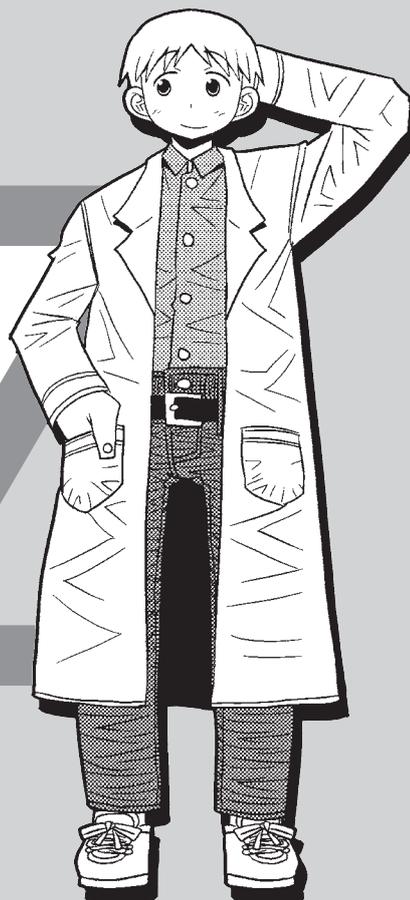
*Устройство ветровой электростанции
(пропеллерной ветровой турбины).*

Существует несколько видов ветровых турбин. Как правило, используют *пропеллерную ветровую турбину (ветряк)*, которая очень эффективно использует энергию ветра. Когда ветер соприкасается с лопастями турбины, возникает вращательное движение, которое передаётся на вал электрогенератора через мультипликатор, увеличивающий скорость вращения. *Анемоскоп (флюгер)* и *анемометр (ветромер)* постоянно измеряют ветровые характеристики. Направленность пропеллеров и угол наклона лопастей регулируются для их оптимального положения, чтобы эффективно использовать энергию ветра.

Хотя электроэнергия, получаемая на ветровых электростанциях, сильно зависит от изменения направления и скорости ветра, а шум, издаваемый вращающимися ветряками, может стать проблемой, это экологически чистый вид электроэнергии, не требующий топлива и не выбрасывающий в атмосферу газы.

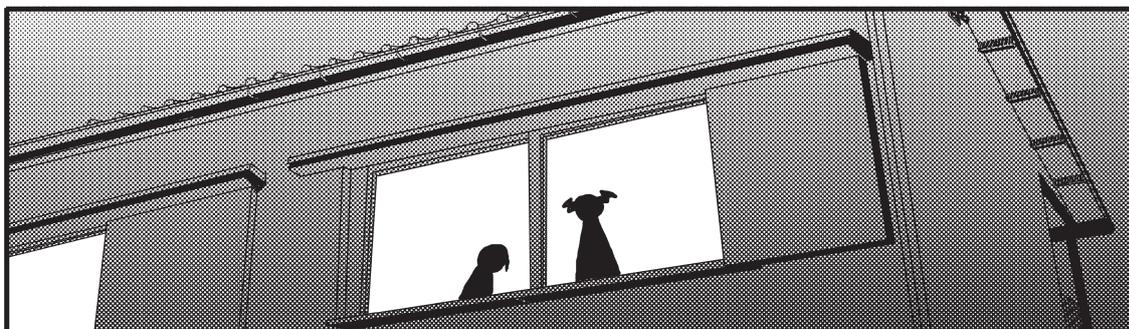
5

**КАК МОЖНО С ПОЛЬЗОЙ
ИСПОЛЬЗОВАТЬ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**



5.1. СВЯЗЬ ВОССТАНОВЛЕНА!

К счастью, Хикару удалось починить Ёноскэ с помощью земных технологий.

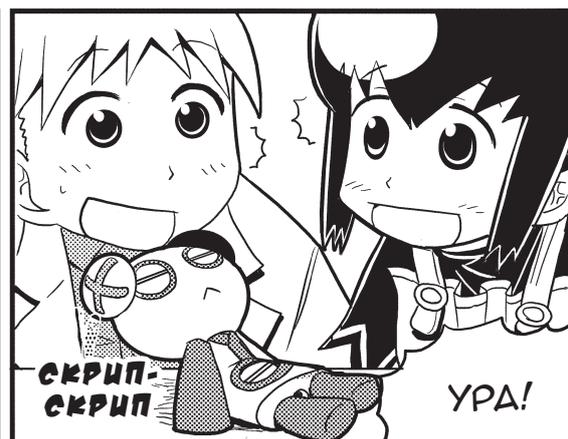
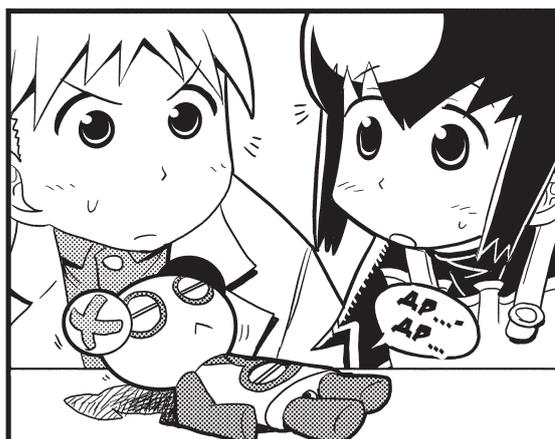


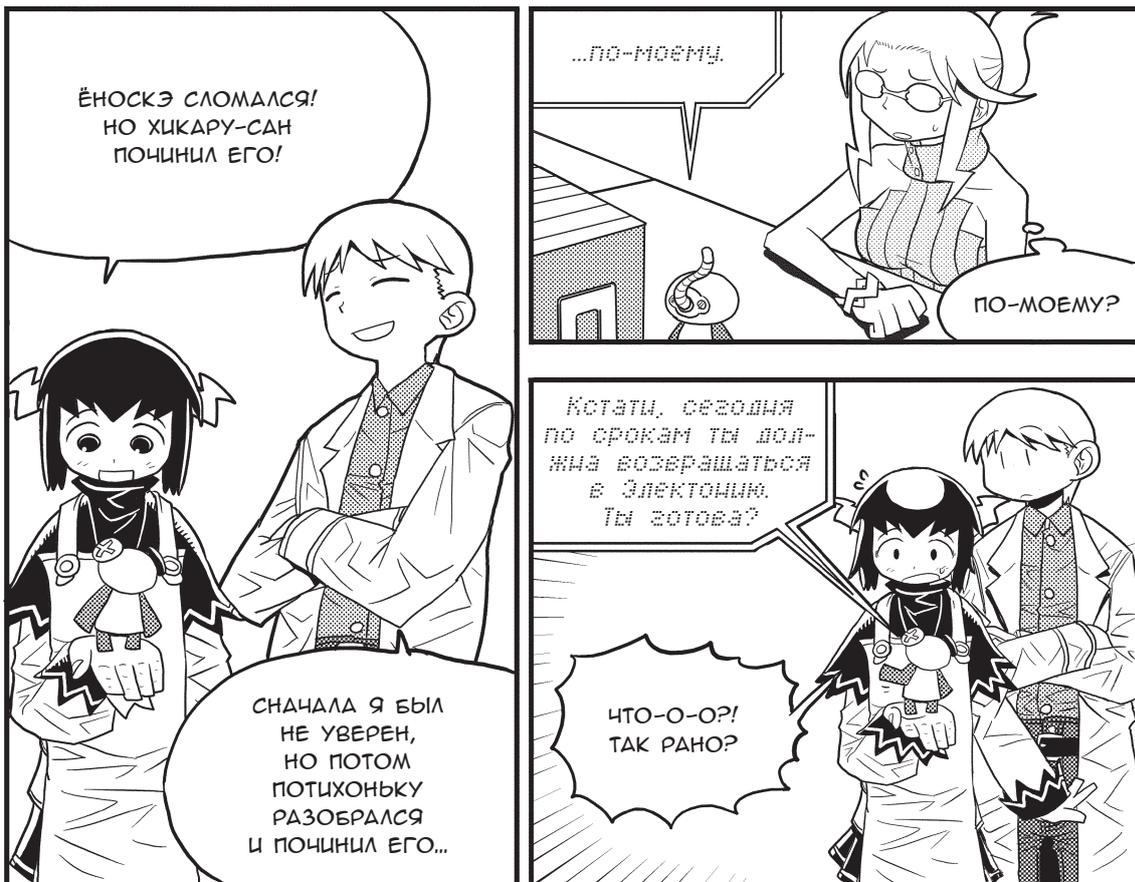
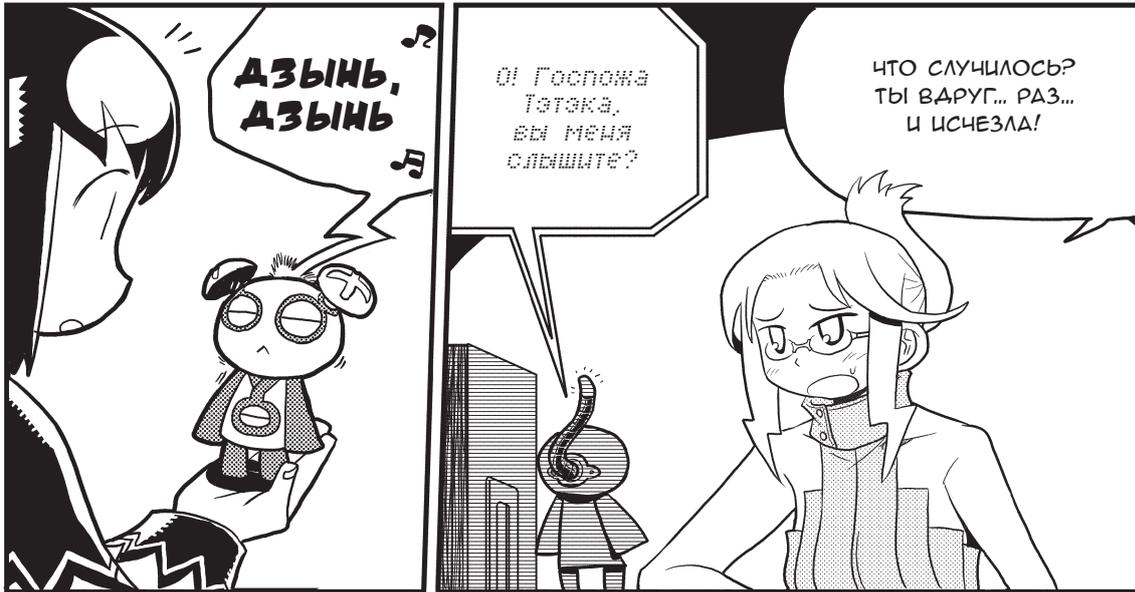
Он трудился над проблемой несколько вечеров...

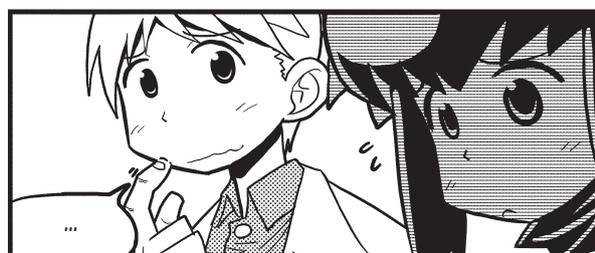
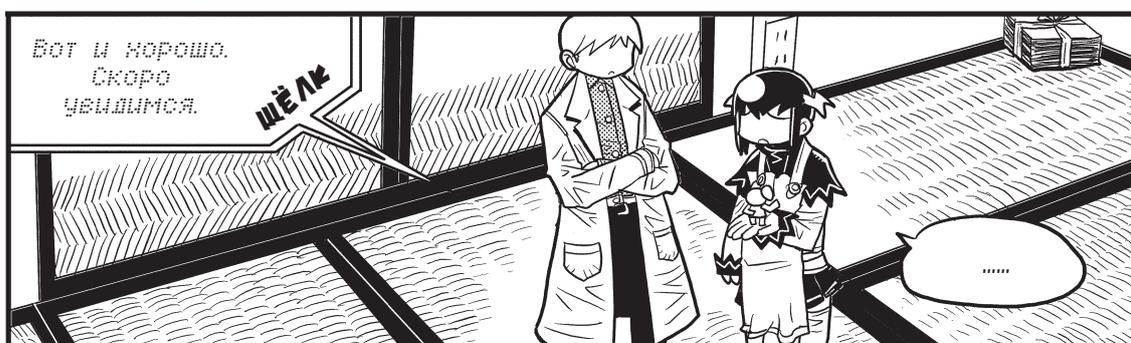


и наконец, через несколько дней...











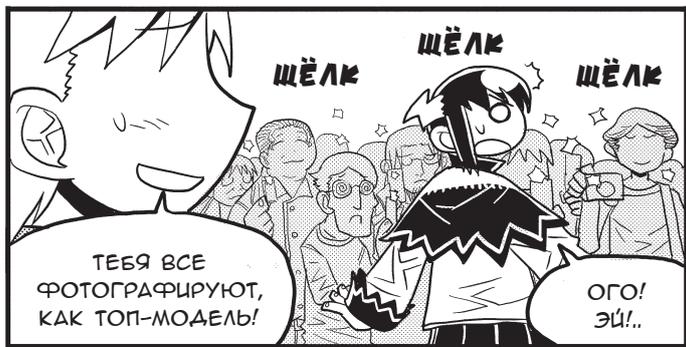
ЭТО ЗНАМЕНИТЫЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ
ГОРОД АКИХАБАРА?
ОН ТАКОЙ ШУМНЫЙ
И МНОГОЛЮДНЫЙ!

ого!



ЗАОРОВО!
МОЙ НАРЯД
ИЗ ЭЛЕКТРОНИКИ
ЗДЕСЬ КАК РАЗ
К МЕСТУ.

НУ, Я ТАК
НЕ ДУМАЮ...



ЩЁЛК ЩЁЛК ЩЁЛК

ТЕБЯ ВСЕ
ФОТОГРАФИРУЮТ,
КАК ТОП-МОДЕЛЬ!

ого!
эй!..

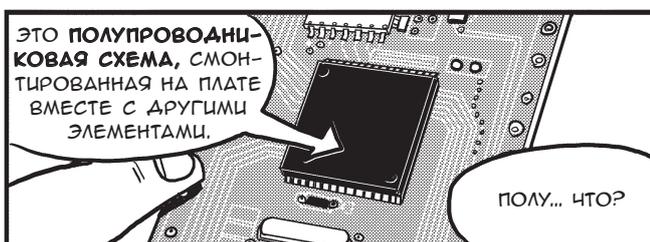


НУ, ХВАТИТ!
СЕГОДНЯ Я ХОЧУ
РАССКАЗАТЬ ТЕБЕ О
ПОЛУПРОВОДНИКАХ
И О НЕКОТОРЫХ
ВАЖНЫХ
ЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПОНЕНТАХ.

ЩЁЛК

ХОРОШО!

5.2. ЧТО ТАКОЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ





Проводник			Полупроводник				Диэлектрик				
10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻²	1	10 ²	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁸	10 ¹⁰	10 ¹²
Серебро Медь Золото Алюминий				Германий	Кремний				Бумага	Стекло	



ТАК ВЫГЛЯДИТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ.





ПОЛУПРОВОДНИКАМИ ЯВЛЯЮТСЯ, НАПРИМЕР, КРЕМНИЙ И ГЕРМАНИЙ.

Химический символ

Ge **Si**
Германий Кремний

Диоды

Транзисторы

ТАКЖЕ КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ, КАК ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ, ОСНОВНОЙ ЧАСТЬЮ КОТОРЫХ ЯВЛЯЮТСЯ ПОЛУПРОВОДНИКИ, НАЗЫВАЮТСЯ **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИБОРАМИ.**

ВЫ ТАК ХОРОШО ОБЪЯСНЯЕТЕ, ВСЁ СРАЗУ ПОНЯТНО!

Ge Si

КРЕМНИЙ ИЛИ ГЕРМАНИЙ — ЭТО ПРОСТЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, А ВОТ...

...ПОЛУПРОВОДНИК, СОСТОЯЩИЙ ИЗ ДВУХ ИЛИ БОЛЕЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ТАКОЙ, КАК АРСЕНИД ГАЛЛИЯ, НАЗЫВАЮТ **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ.**

Ge As

ГАЛЛИЙ + МЫШЬЯК = = АРСЕНИД ГАЛЛИЯ

БАЦ

ЭТО УЖЕ ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА, ДА?

БЫВАЮТ ТАКИЕ СЛУЧАИ, КОГДА К ЧИСТОМУ ГЕРМАНИЮ ИЛИ КРЕМНИЮ НЕОБХОДИМО ДОБАВИТЬ НЕБОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО ПРИМЕСИ.

ЭТОТ ПРОЦЕСС, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРОГО ПОЛУЧАЕТСЯ ПРИМЕСНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК, НАЗЫВАЕТСЯ ЛЕГИРОВАНИЕМ.



Примесь

Кремний Si

Примесный полупроводник

ПОЛУПРОВОДНИК БЕЗ ПРИМЕСЕЙ НАЗЫВАЮТ БЕСПРИМЕСНЫМ ПОЛУПРОВОДНИКОМ.

КАК ЖЕ МНОГО РАЗНЫХ НАЗВАНИЙ!

ДА, ДА...



Беспримесный полупроводник

СЫРЬЁМ ДЛЯ БОЛЬШИНСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ СЛУЖИТ КРЕМНИЙ.

КРЕМНИЙ — ЭТО ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ, ЕГО СИМВОЛЬНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ — Si.

Si
Кремний

Я ЭТО УЖЕ ЗАПОМНИЛА!

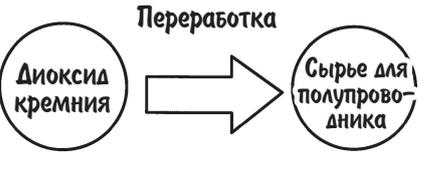


КАК ПРАВИЛО, КРЕМНИЙ ПОЛУЧАЮТ ИЗ ВЕЩЕСТВА, НАЗЫВАЕМОГО ДИОКСИД КРЕМНИЯ, И ИМЕННО ЕГО ОБЫЧНО ИСПОЛЬЗУЮТ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ.

Переработка

Диоксид кремния

Сырьё для полупроводника



ЧИСТОТА ЭТОГО ПЕРЕРАБОТАННОГО КРЕМНИЯ СОСТАВЛЯЕТ 99,9999999999 ПРОЦЕНТОВ. ЕЁ ЕЩЁ ИНОГДА НАЗЫВАЮТ ПРОСТО ОДИННАДЦАТЬ ДЕВЯТОК.

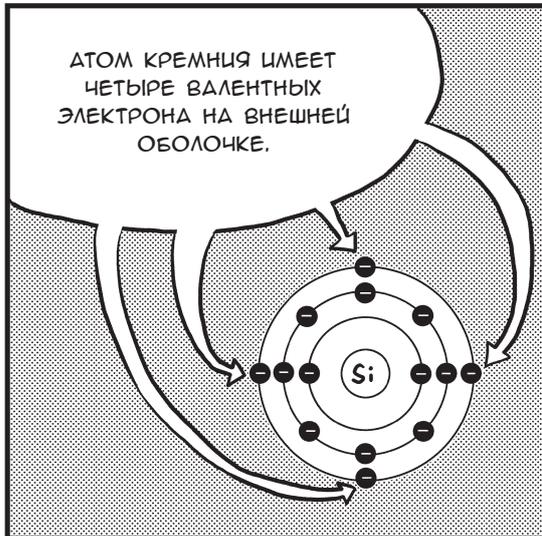
ЭТО ЖЕ ПОЧТИ 100 ПРОЦЕНТОВ!!!

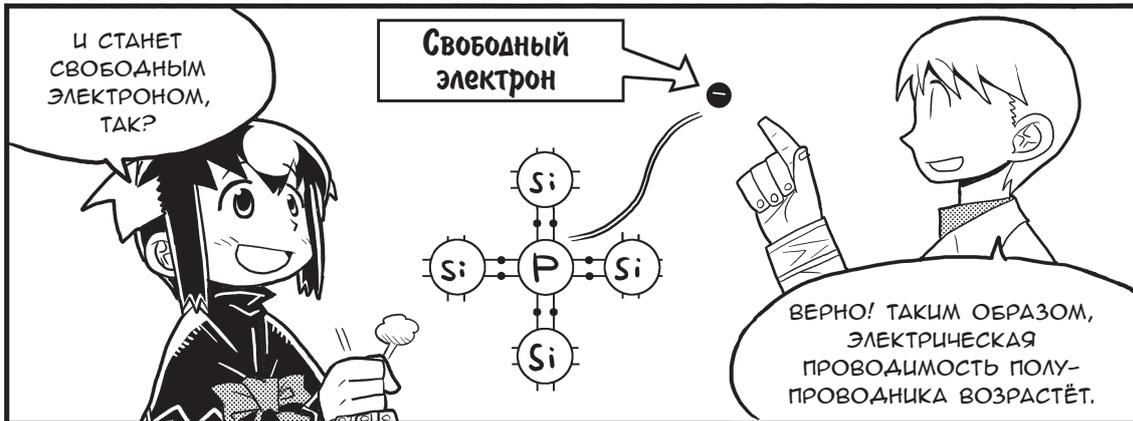
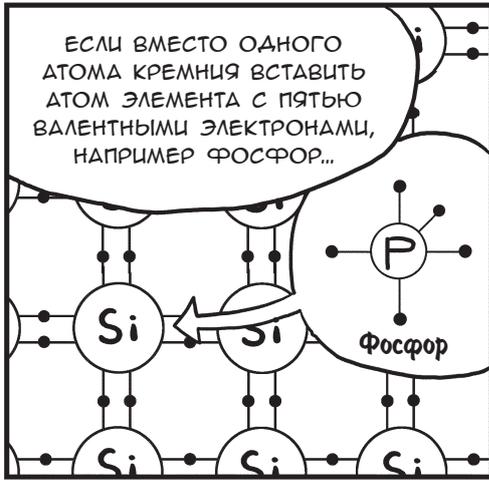
9×11

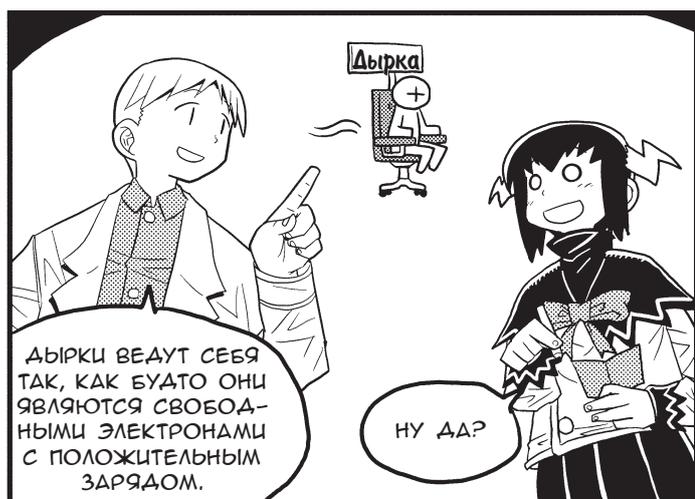
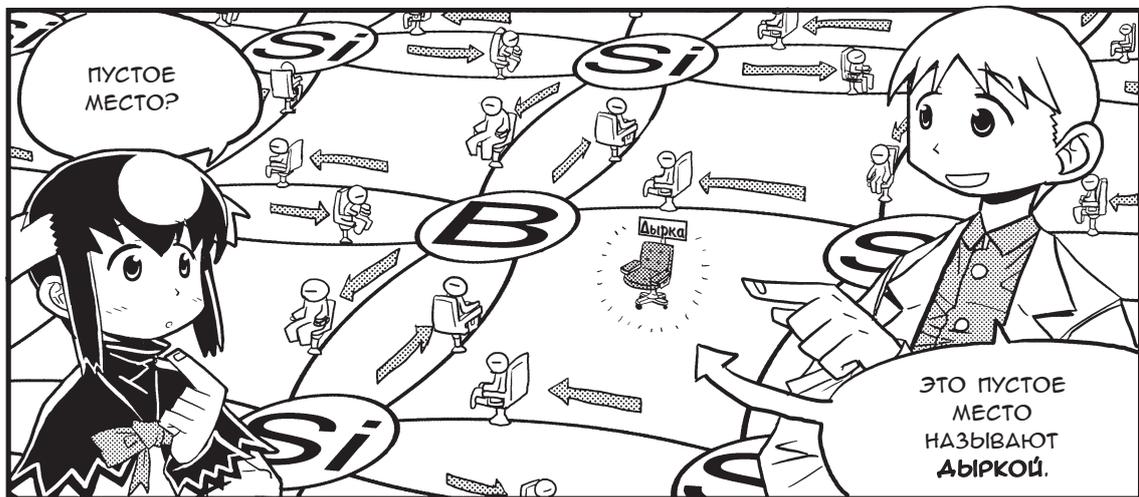
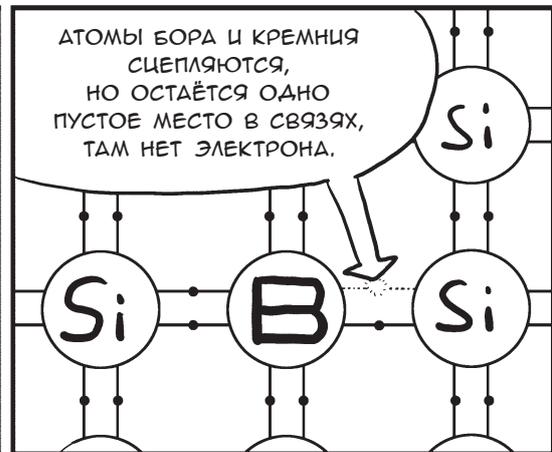
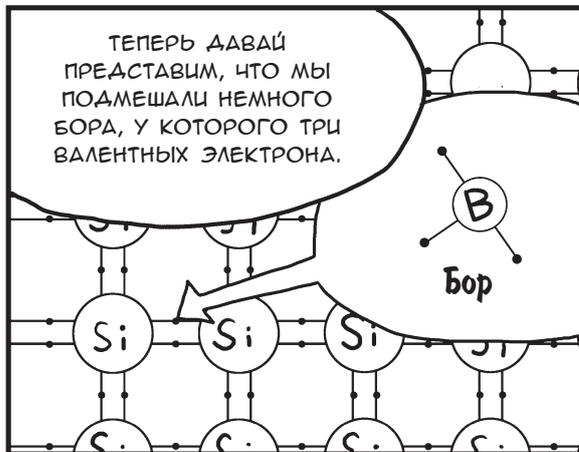
99.9999999999%

РАЗ, ДВА, ТРИ...











5.3. ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

ДИОДЫ

РЕРЭКО, ЗНАЕШЬ,
ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

ГМ... ЭТО,
НАВЕРНО,
ДИОД?

ПРАВИЛЬНО!

ЕСЛИ ПОЛУПРОВОДНИК Р-ТИПА И
ПОЛУПРОВОДНИК N-ТИПА СОЕДИНИТЬ,
ТО ПОЛУЧИТСЯ СТРУКТУРА,
НАЗЫВАЕМАЯ Р-N-ПЕРЕХОДОМ,
А ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРИБОР
НА ЭТОЙ ОСНОВЕ НАЗЫВАЕТСЯ
ДИОДОМ.

ШЛЁП!

ДВА
ПОЛУПРОВОДНИКА
ВМЕСТЕ!

ЭЛЕКТРОД
СО СТОРОНЫ
ПОЛУПРОВОДНИКА
Р-ТИПА НАЗЫВАЕТСЯ
АНОДОМ...

...А ЭЛЕКТРОД
СО СТОРОНЫ
ПОЛУПРОВОДНИКА
N-ТИПА — КАТОДОМ.

Анод

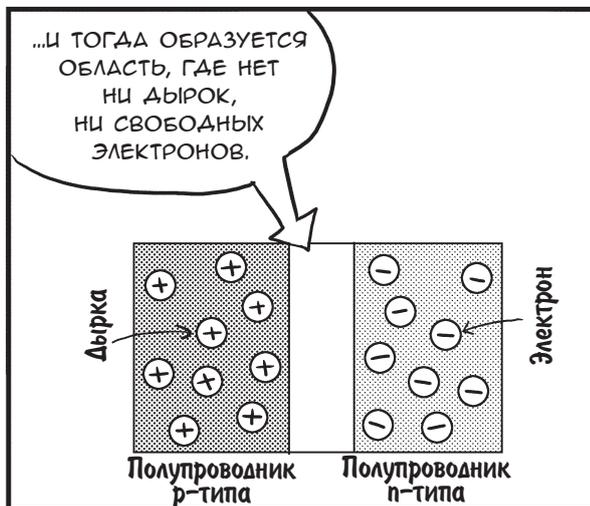
A

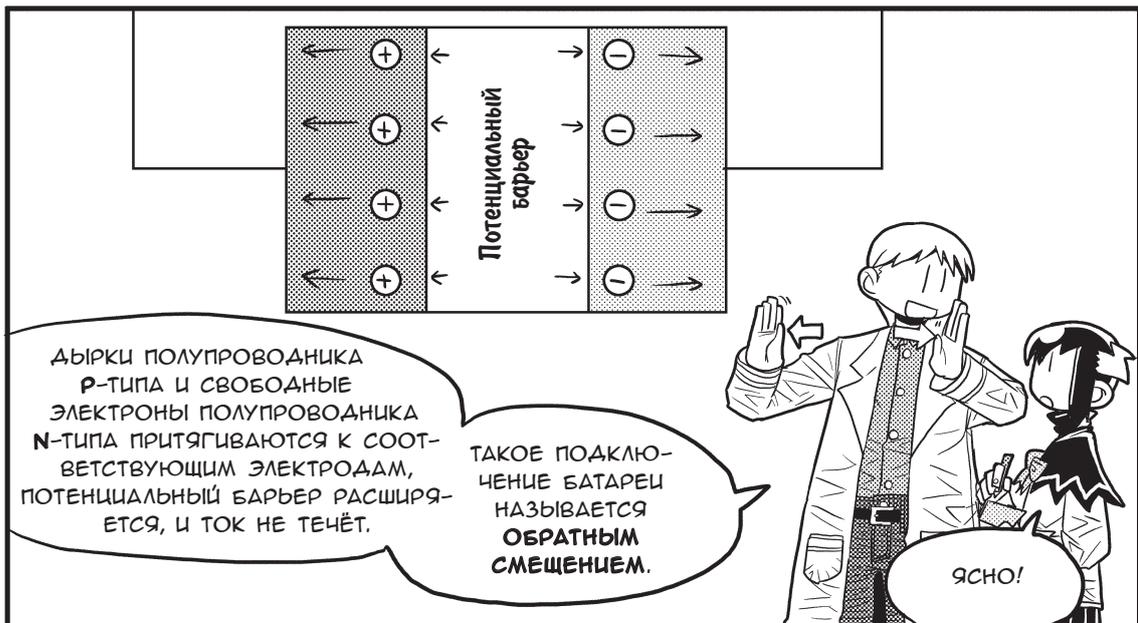
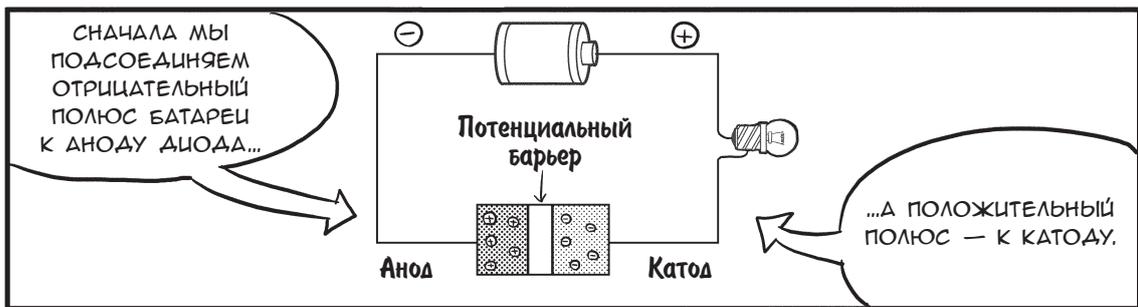
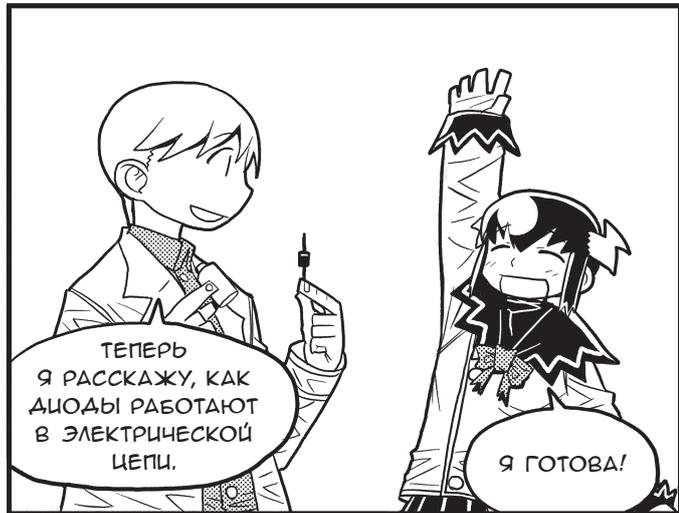


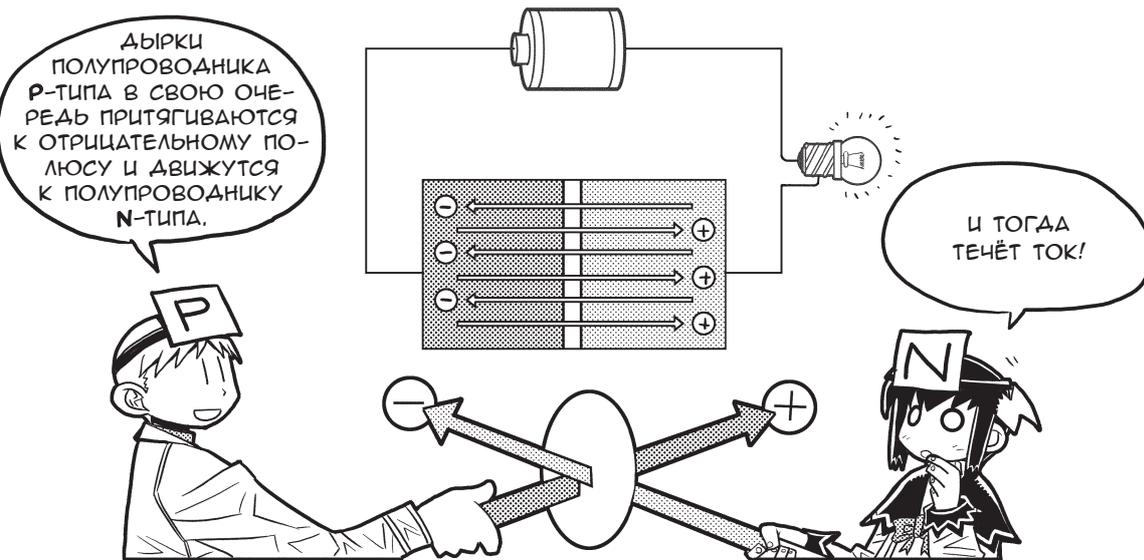
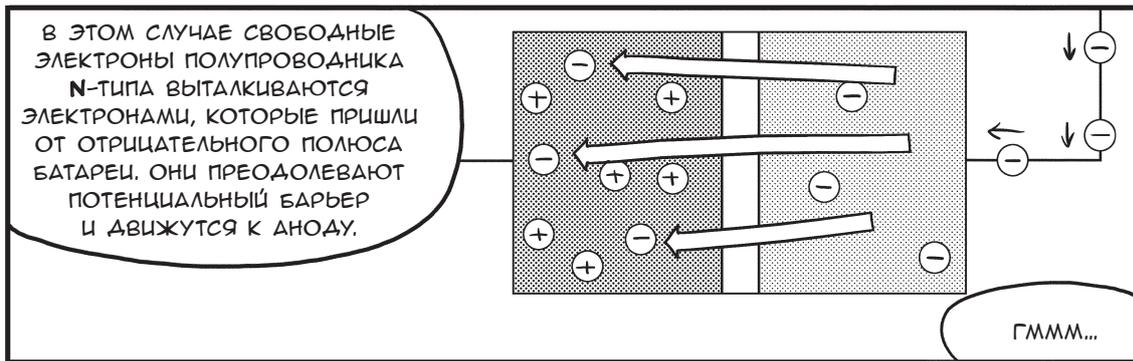
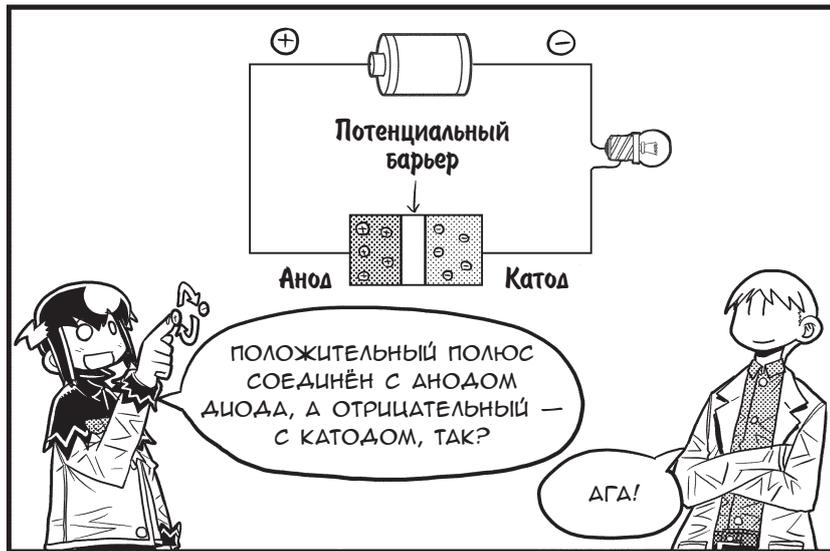
Катод

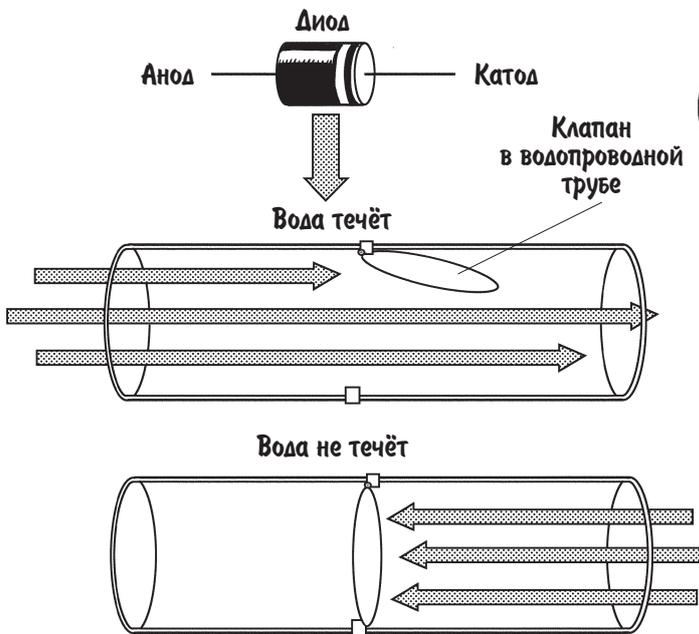
K

НАДО
ЗАПОМНИТЬ.

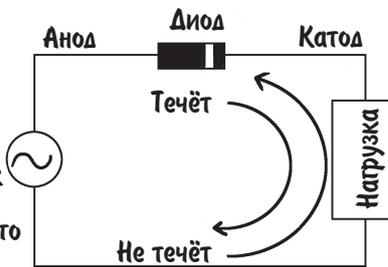




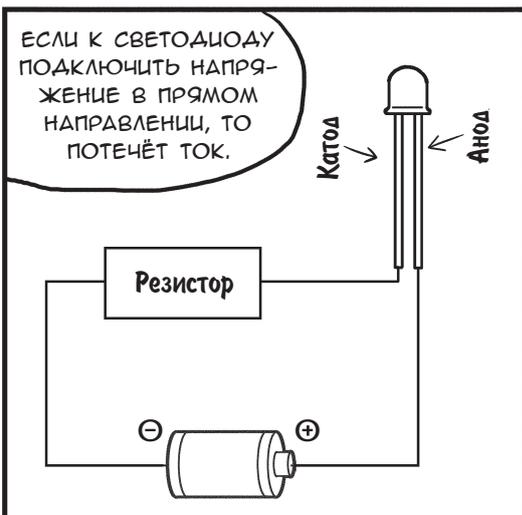


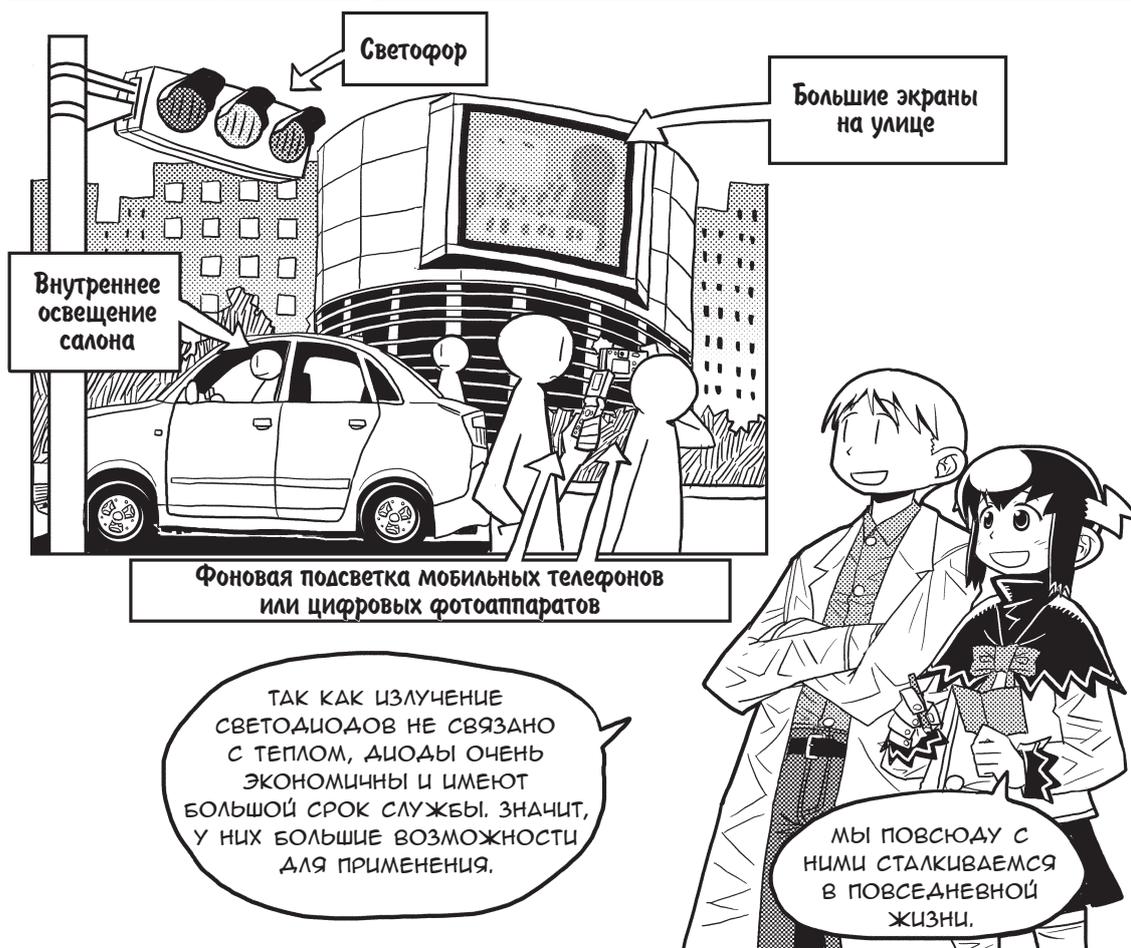


СВОЙСТВО, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ТОКУ ТЕЧЬ ТОЛЬКО В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ, НАЗЫВАЕТСЯ ВЫПРЯМЛЕНИЕМ.



⚡ ДИОДЫ, ИЗЛУЧАЮЩИЕ СВЕТ





⚡ ТРАНЗИСТОРЫ

И НАКОНЕЦ, ДАВАЙ
Я РАССКАЖУ ТЕБЕ
О ТРАНЗИСТОРАХ!

А ЭТО ЕЩЁ
ЧТО ТАКОЕ?

ТРАНЗИСТОРЫ — ЭТО
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ,
КОТОРЫЕ УСИЛИВАЮТ СИГНАЛЫ
ИЛИ РАБОТАЮТ КАК ПЕРЕ-
КЛЮЧАТЕЛИ, УПРАВЛЯЯ ТОКОМ ИЛИ
НАПРЯЖЕНИЕМ, ПРИЛОЖЕННЫМ
К ЭЛЕКТРОДАМ.

ВЫИИИ
ВЫИИИ

ПЕРЕКЛЮ-
ЧАТЕЛИ?

РАССКАЖУ ОБ ЭТОМ
ПОЗЖЕ, А СНАЧАЛА
ОБЪЯСНЮ СТРУКТУРУ
ТРАНЗИСТОРОВ.

ХОРОШО.

ЕСТЬ ДВА ТИПА ТРАНЗИСТОРОВ — N-P-N И P-N-P.

У КАЖДОГО ИЗ НИХ ЕСТЬ ТРИ ЭЛЕКТРОДА, НАЗЫВАЕМЫЕ БАЗА (В), КОЛЛЕКТОР (С) И ЭМИТТЕР (Е).

ЗНАЧИТ, ОНИ ИМЕЮТ НА ОДИН ЭЛЕКТРОД БОЛЬШЕ, ЧЕМ ДИОДЫ...

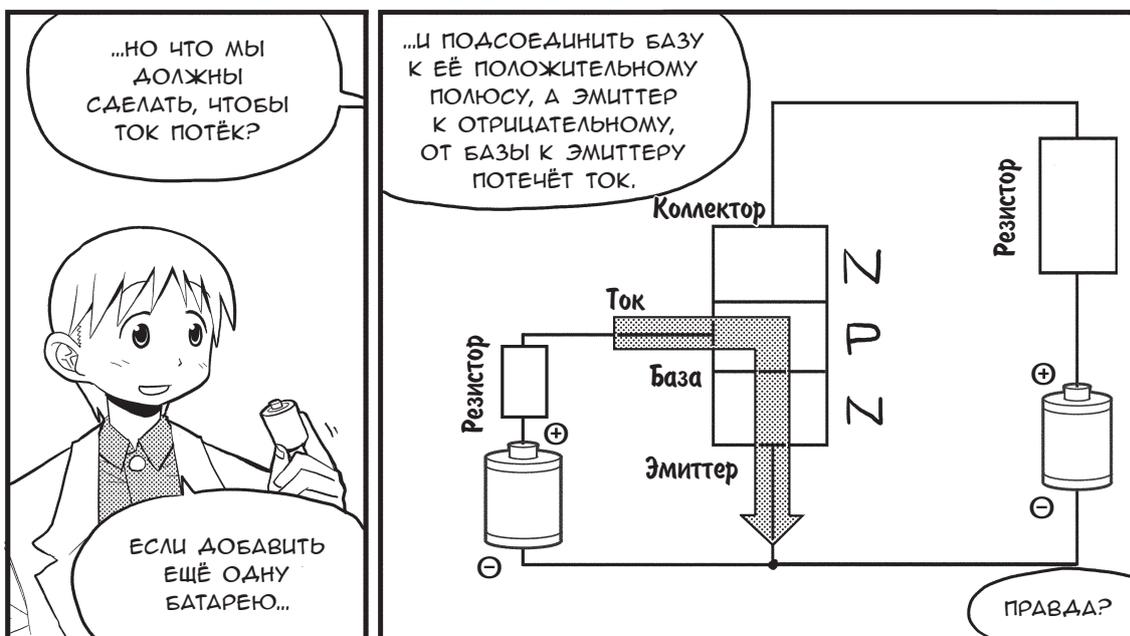
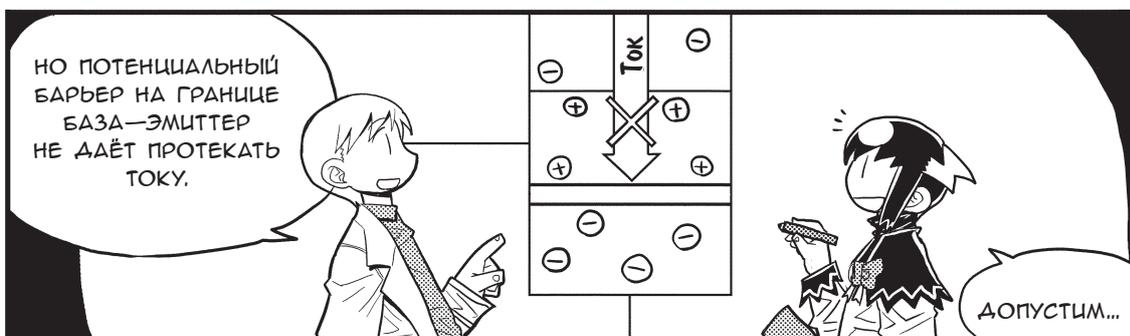
ЕСЛИ N-P-N-ТРАНЗИСТОР ПОДСОЕДИНЁН ТАКИМ ОБРАЗОМ...

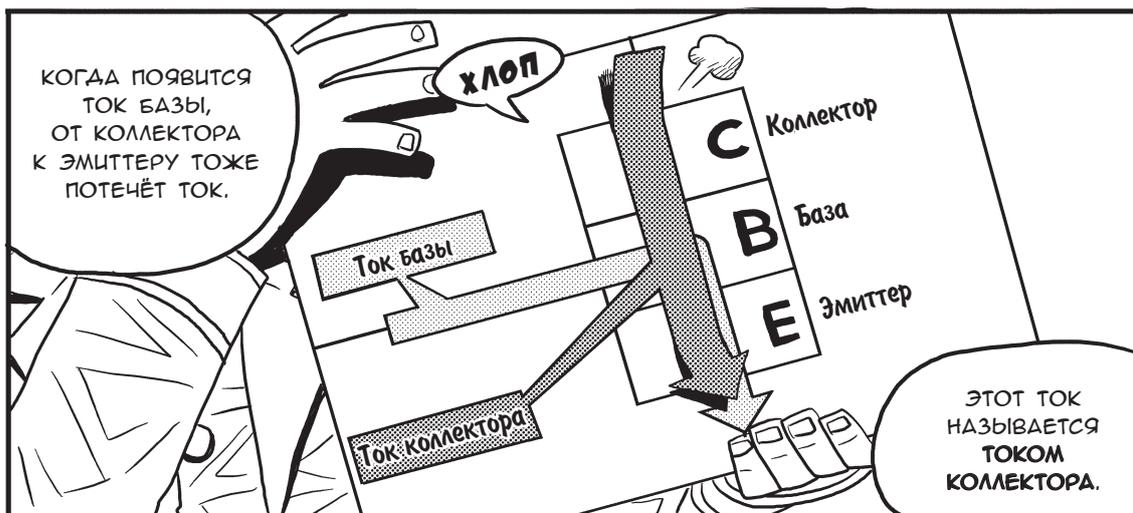
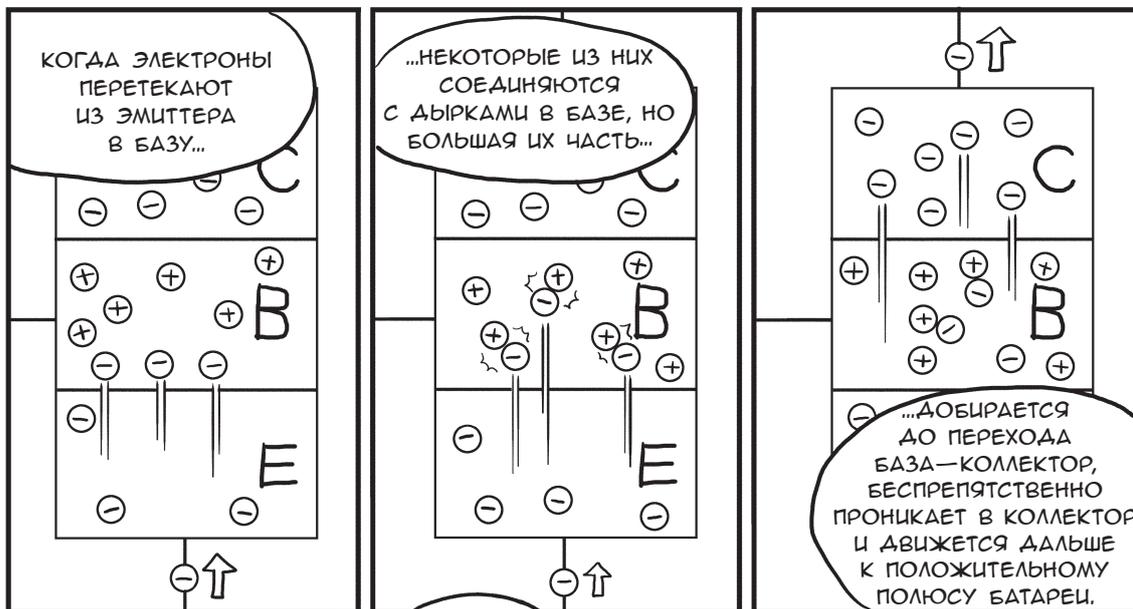
...ЭЛЕКТРОНЫ КОЛЛЕКТОРА ПРИТЯГИВАЮТСЯ К ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ВЫВОДУ, ГДЕ И НАКАПЛИВАЮТСЯ.

С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, ЭЛЕКТРОНЫ ЭМИТТЕРА, ОТТАЛКИВАЕМЫЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСОМ БАТАРЕЙКИ, СКАПЛИВАЮТСЯ ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ ПЕРЕХОДА БАЗА—ЭМИТТЕР.

СКРИП, СКРИП

ГМ...





КОГДА ПОЯВИТСЯ ТОК БАЗЫ, ПОТЕЧЁТ И ТОК КОЛЛЕКТОРА ТОЖЕ, ТАК?

КОНЕЧНО!

ТРАНЗИСТОРЫ ПОЗВОЛЯЮТ НАМНОГО УВЕЛИЧИТЬ ТОК КОЛЛЕКТОРА ПО СРАВНЕНИЮ С ТОКОМ БАЗЫ.

ЭТО ТАК?

ТОК БАЗЫ

ТОК КОЛЛЕКТОРА

В РЕЗУЛЬТАТЕ В ОТВЕТ НА НЕБОЛЬШОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТОКА БАЗЫ ТОК КОЛЛЕКТОРА ЗНАЧИТЕЛЬНО ВЫРАСТЕТ.

ТО ЕСТЬ ТОКОМ БАЗЫ МОЖНО РЕГУЛИРОВАТЬ ТОК КОЛЛЕКТОРА?

ТОЧНО.

Ёмкость (маленькая)

Ёмкость (большая)

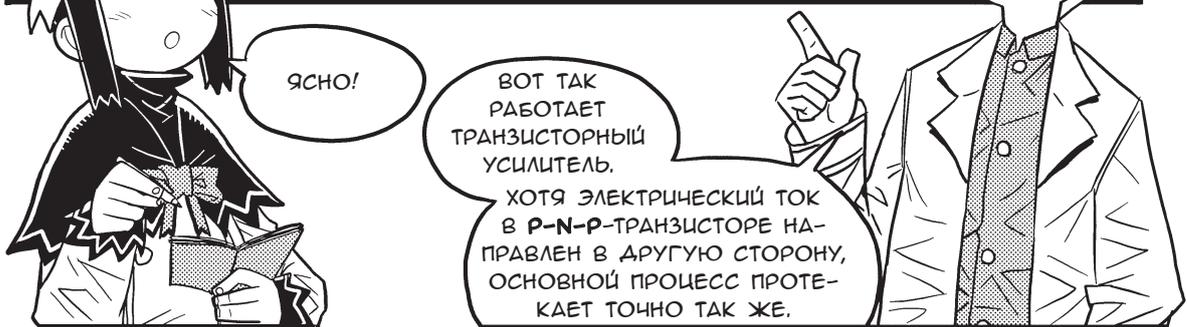
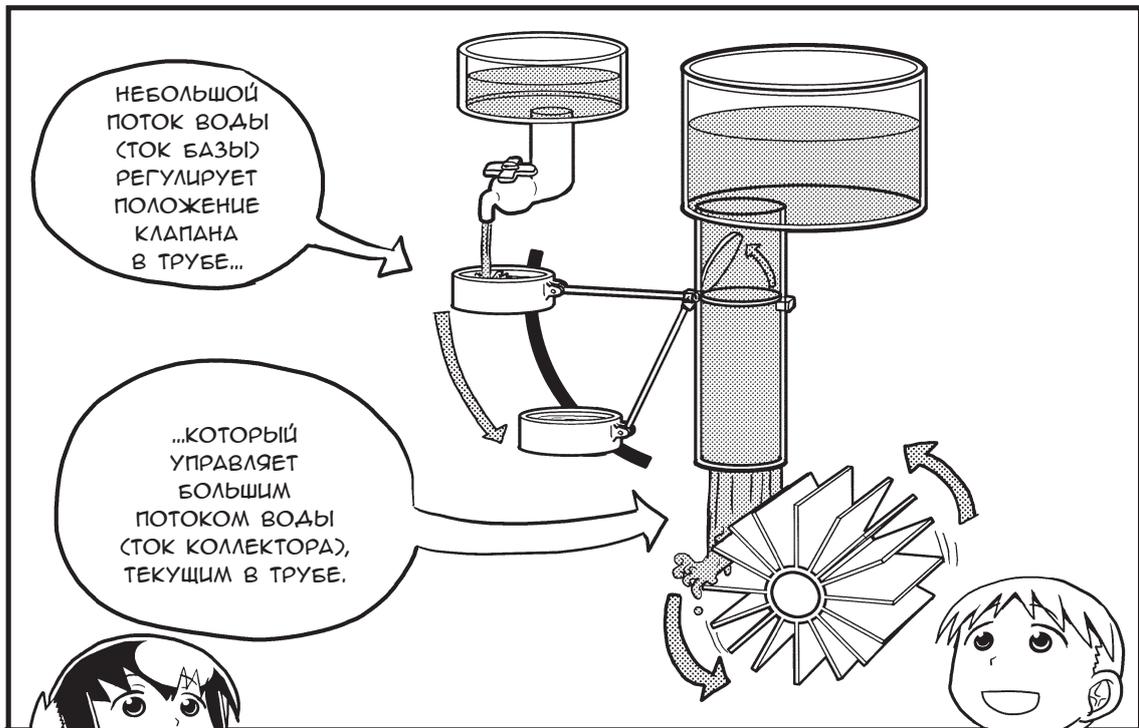
Вентиль

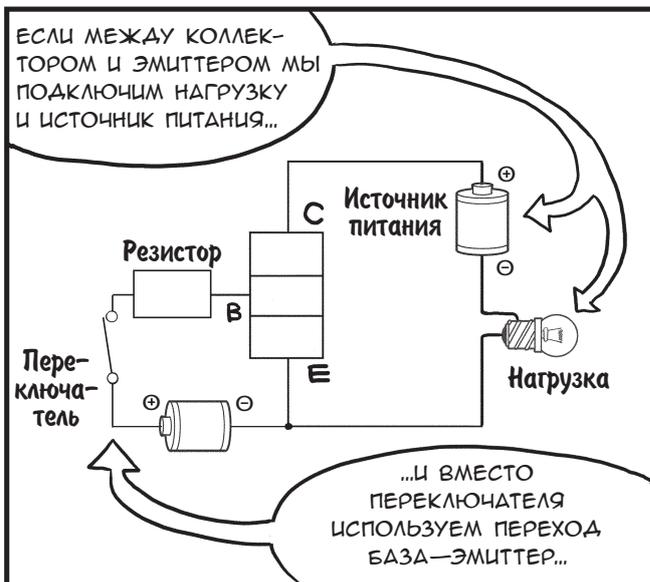
Приёмный контейнер

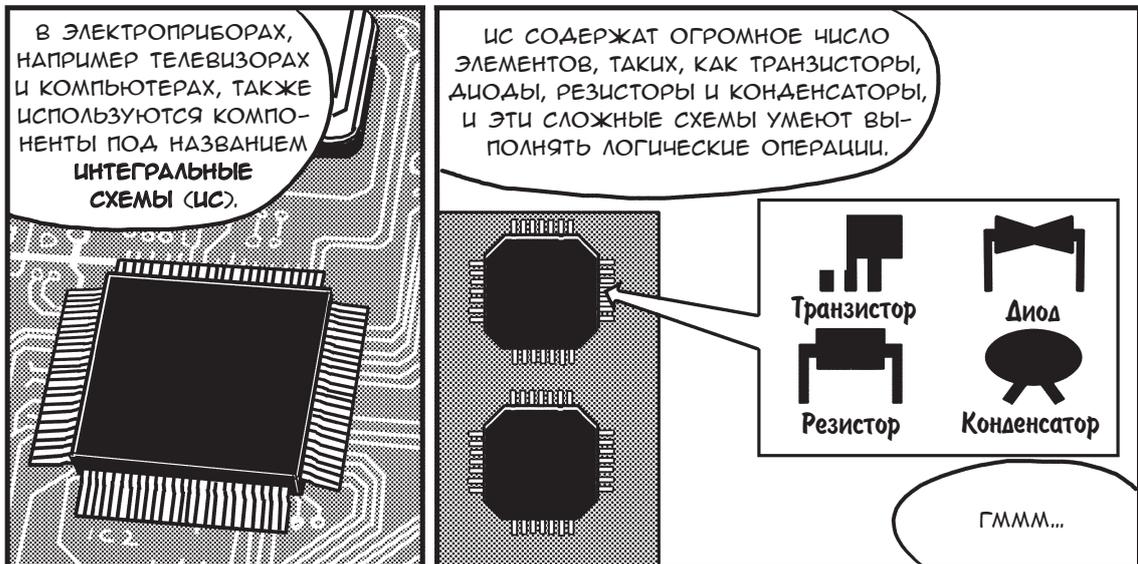
Клапан

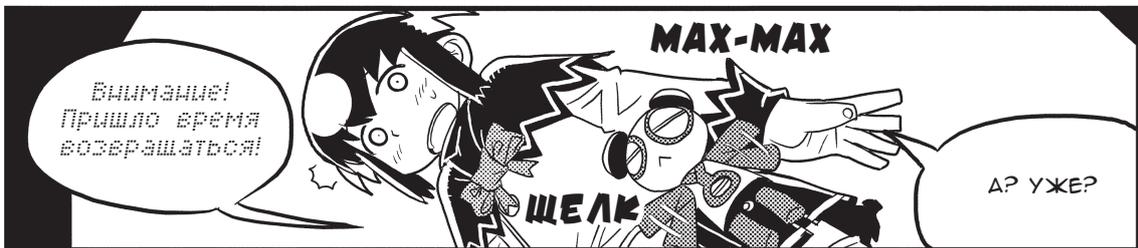
Водяное колесо

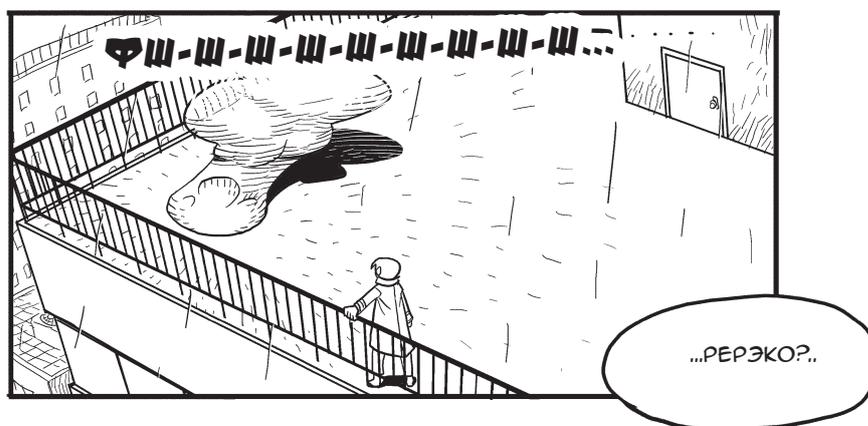
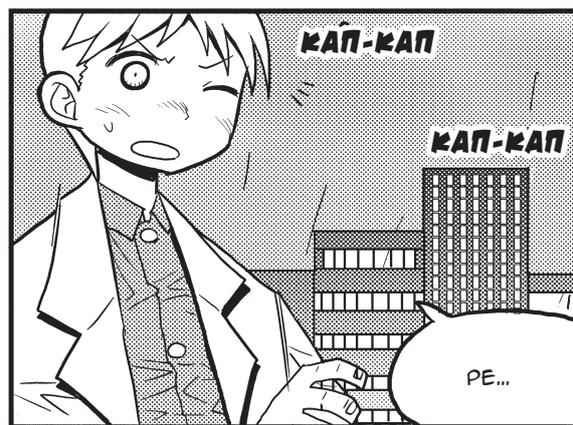
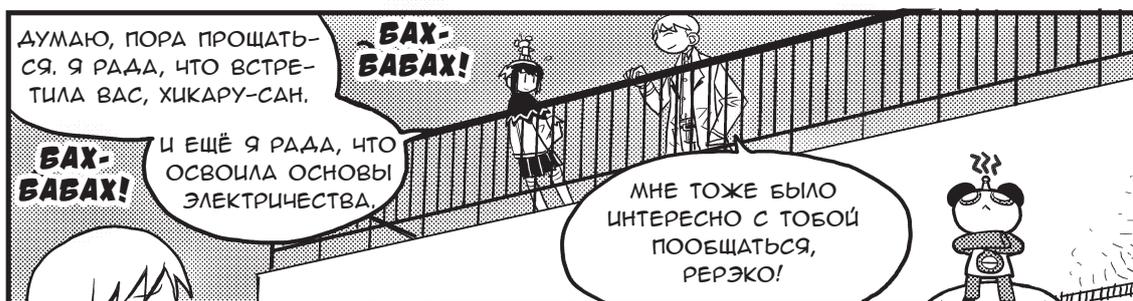
МОЖНО ПОКАЗАТЬ ЭТОТ ПРИНЦИП НА ПРИМЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ ПОТОКОМ.







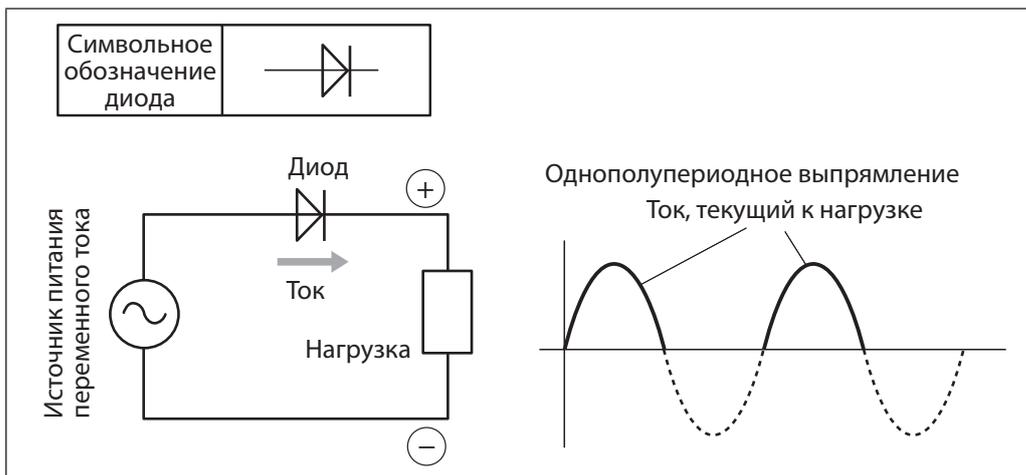






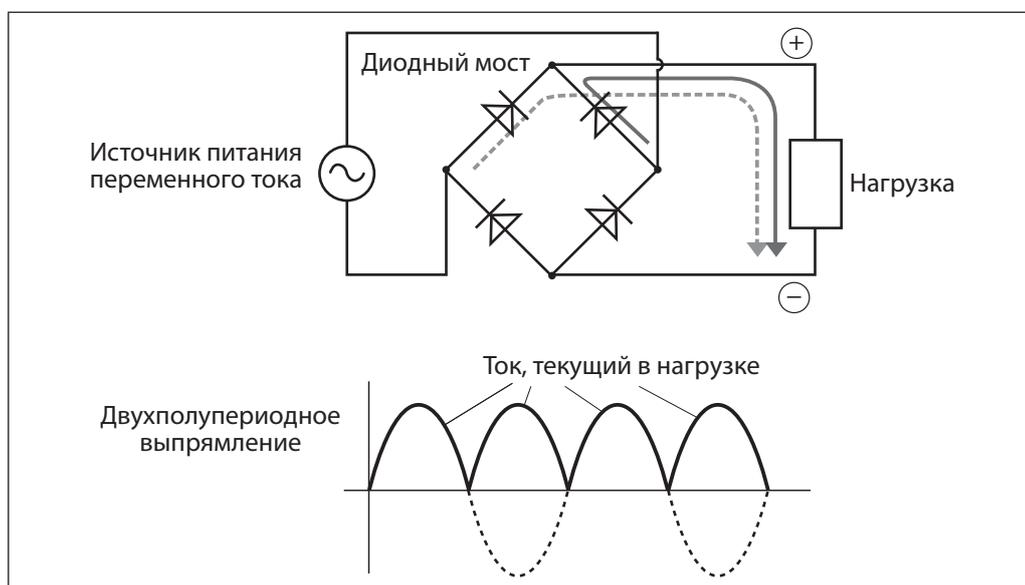
⚡ ДИОДЫ

Когда диод подсоединён к источнику питания переменного тока, в нагрузке течёт ток только в одном направлении. Подобное выпрямление, при котором течёт ток только половины цикла переменного тока, называется *однополупериодным выпрямлением*. При этом ток, текущий через нагрузку, напоминает постоянный ток, но из-за того, что используется только половина цикла волны переменного тока, такое выпрямление малоэффективно.



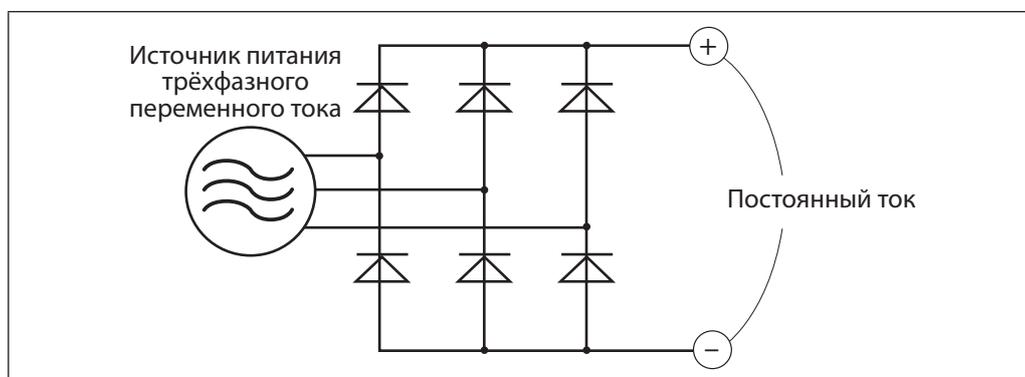
Однополупериодное выпрямление.

Далее, если к источнику питания переменного тока подсоединить четыре диода по схеме, напоминающей мост, в нагрузке в течение всего цикла будет течь постоянный ток. Это называют *двухполупериодным выпрямлением*, а такое соединение диодов называют *диодным мостом*. Двухполупериодное выпрямление позволяет получать постоянный ток в течение полного цикла источника переменного тока.



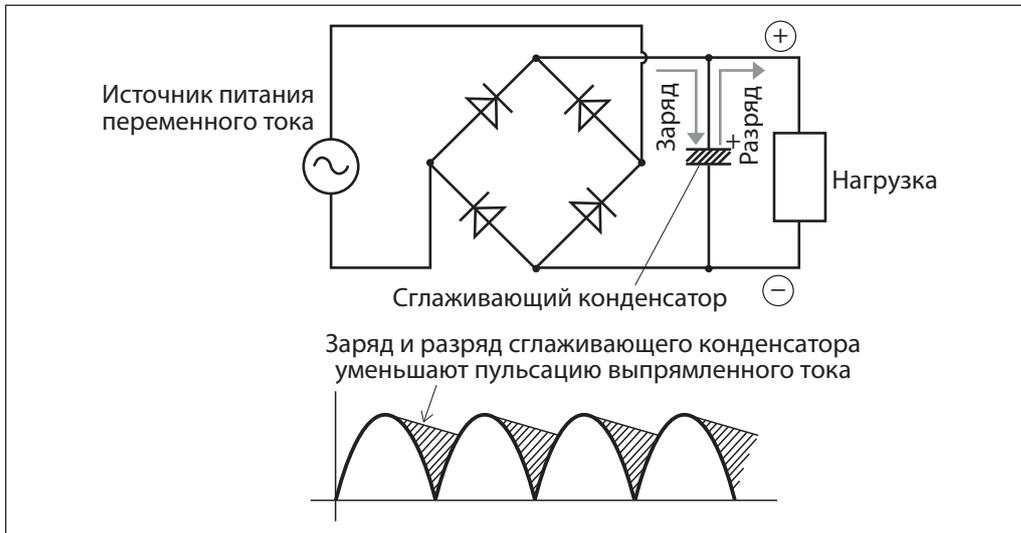
Двухполупериодное выпрямление.

Двухполупериодное выпрямление можно получить и для трёхфазного тока, используя шесть диодов.



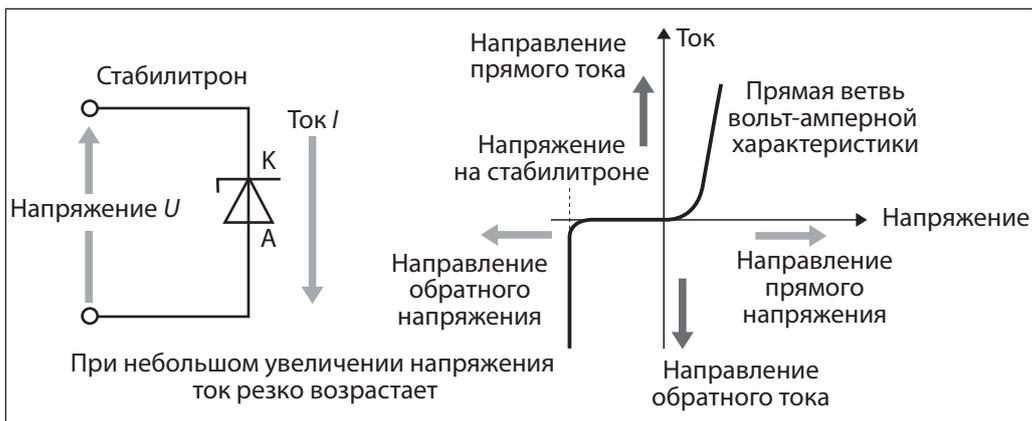
Двухполупериодное выпрямление трёхфазного переменного тока.

Хотя двухполупериодное выпрямление более эффективно, чем однополупериодное, полученное выпрямленное напряжение характеризуется сильной пульсацией. Однако, если к выходу подключить электролитический конденсатор, заряд и разряд конденсатора могут сгладить пульсацию. Такой конденсатор, называют *сглаживающим*.



Сглаживающий конденсатор.

Если к диоду, называемому *стабилитроном* (или *диодом Зенера*), приложить запирающее напряжение и постепенно его увеличивать, ток потечёт, как только будет достигнуто определённое напряжение. Это явление называют *лавинным пробоем*, и, когда напряжение цепи вырастает сверх необходимого, ток потечёт от катода к аноду, сдерживая дальнейший рост напряжения. Стабилитроны используют в цепях постоянного тока для поддержания фиксированного напряжения.

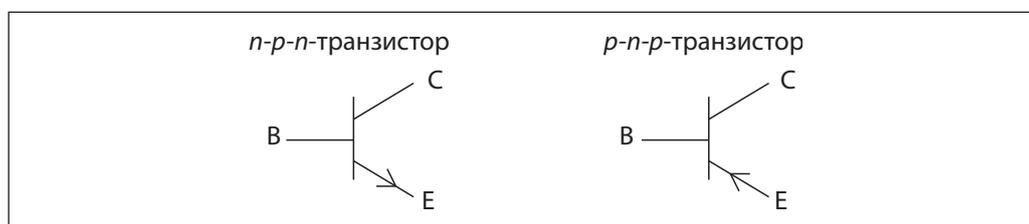


Вольт-амперная характеристика стабилитрона.

Если в качестве стабилитрона использовать обычный диод, лавинный пробой произойдёт локально, ток пробоя сконцентрируется на отдельных участках и повредит диод. Напротив, стабилитрон устроен так, что обратный ток распределяется по всему $p-n$ -переходу на поверхности или в толще полупроводника, поэтому диод Зенера не выходит из строя при прохождении через него обратного тока.

🔌 ТРАНЗИСТОРЫ

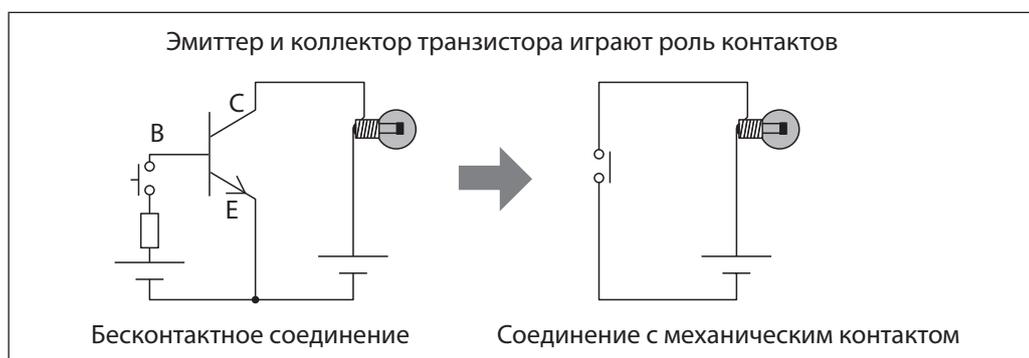
Транзистор — полупроводниковый прибор, который усиливает электрический сигнал или работает как переключатель, управляя током или напряжением.



Символьные обозначения транзисторов.

Существуют транзисторы, используемые в качестве переключателей, которые управляют большими потоками электроэнергии. Такие транзисторы называют *мощными* (или *силовыми*). Обычно мощные транзисторы имеют $n-p-n$ -структуру.

Переключатель на транзисторе не имеет контактов, которые могли бы изнашиваться. Тем самым уменьшается вероятность отказа в работе, появляется возможность быстрого включения и выключения, а также возможность точно настроить управление прибором.

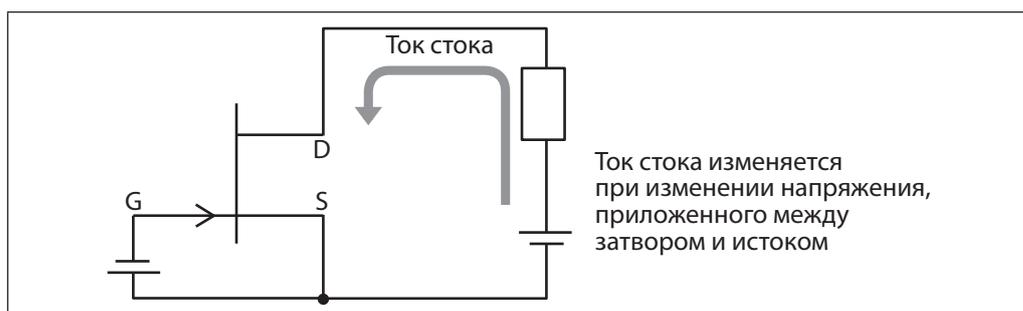


Транзистор, выполняющий работу переключателя.

ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР

Транзистор, в котором ток коллектора управляется изменением тока базы, называют *биполярным транзистором* (транзистор с двумя *p-n*-переходами). В то же время существуют транзисторы, управляемые напряжением (а не током) на входе. Их называют *полевыми транзисторами (ПТ)*.

Достоинства полевого транзистора в низком потреблении электроэнергии и чрезвычайно быстром отклике, так как нет необходимости подавать ток на вход. Полевой транзистор имеет три электрода, которые обозначаются G (от англ. gate — затвор), D (от англ. drain — сток) и S (от англ. source — исток), которые соответствуют базе, коллектору и эмиттеру биполярного транзистора в указанном порядке. Полевой транзистор позволяет управлять током стока, изменяя напряжение на затворе.



Полевой *n*-канальный транзистор.

В телевизорах, компьютерах и другой электронике используются компоненты, называемые интегральными схемами (ИС). В одной такой ИС содержится огромное число транзисторов, сопротивлений и других компонентов. В ИС в основном используют полевые транзисторы, называемые МОП-транзисторы (полевые транзисторы со структурой металл—оксид—полупроводник), в затвор изолирован от управляемой области тонким слоем диоксида кремния.

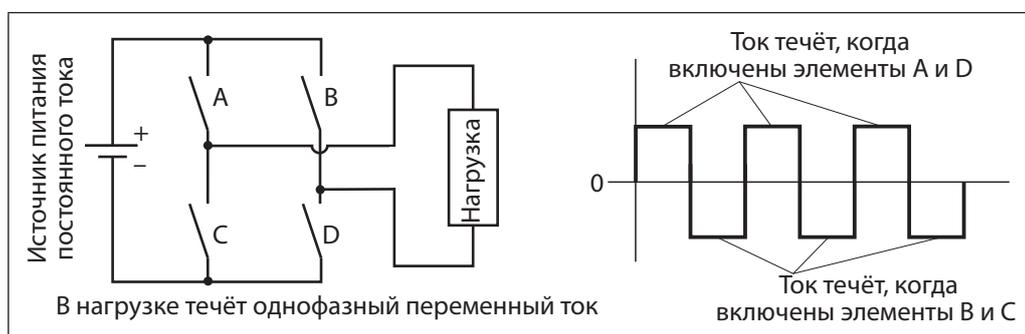
ИНВЕРТОРЫ И КОНВЕРТЕРЫ

Прибор, использующий диод для преобразования переменного тока в постоянный, называется *конвертер*, а прибор, преобразующий постоянный ток в переменный, называется *инвертор*.

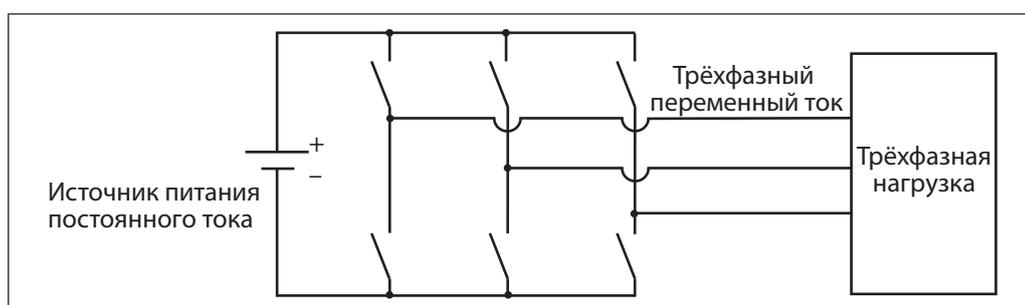


Конвертер и инвертор.

Для переключений в инверторе используется полупроводниковый переключатель, например транзистор. Однофазный переменный ток можно получить, если соединить четыре переключающих полупроводниковых элемента и попеременно включать-выключать пары элементов А — D и В — С, как показано на рисунке внизу. Частота однофазного переменного тока может меняться по желанию. Для этого надо только изменить скорость переключения полупроводниковых переключателей. Если использовать шесть полупроводниковых переключателей, то можно получить трёхфазный ток, частоту которого тоже можно регулировать путём настройки скорости переключения полупроводниковых переключателей.



Однофазный переменный ток, образованный инвертором.



Трёхфазный переменный ток, образованный инвертором.

Скорость вращения *асинхронного электродвигателя, который использует переменный ток*, прямо пропорциональна частоте источника питания. Если частота источника постоянна, скорость вращения тоже будет постоянной.

Чтобы кондиционер мог охлаждать воздух, двигатель должен вращать компрессор для сжатия газообразного хладагента. Если скорость вращения двигателя постоянна, то компрессор всё время будет работать с максимальной нагрузкой, даже если этого не требуется. Электроэнергия будет затрачена впустую.

Поэтому скорость вращения двигателя в кондиционере постоянно регулируется с помощью инвертора, создающего переменный ток требуемой частоты. Это позволяет избежать лишних потерь электроэнергии.

В новейших моделях инверторных кондиционеров используются двигатели постоянного тока. Для того чтобы менять скорость вращения такого двигателя, следует изменять напряжение, и для этой цели тоже используют полупроводниковые переключатели.

Кондиционеры — не единственное применение инверторов. Они широко используются в самых разных областях: от знакомых нам всем осветительных приборов и холодильников до железнодорожных вагонов.

ДАТЧИКИ

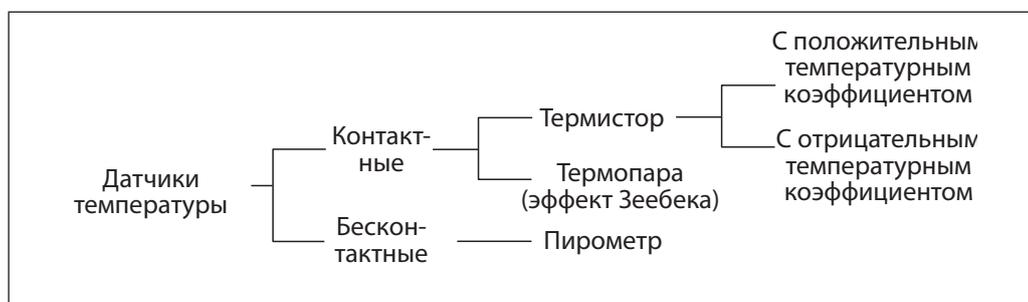
Датчики в электроприборах играют роль зрительных и осязательных рецепторов человека. Человек обладает пятью органами чувств: зрением, слухом и т. д. Если бы электроприборы обладали этими пятью органами, то они могли бы выполнять разнообразную работу вместо человека. Датчики — это приборы, которые выполняют роль органов чувств. Например, датчик температуры в электрообогревателе сам вовремя выключает и включает прибор, избавляя нас от этих хлопотных операций.

Так как датчики преобразуют физические параметры, такие, как давление или температура, в электрические сигналы, их установка в электрическую цепь позволяет электроприбору работать автоматически. Существуют также датчики, оценивающие магнитное поле, которое не воспринимается людьми, или инфракрасные лучи, которые нельзя увидеть невооружённым глазом.

🌀 ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ

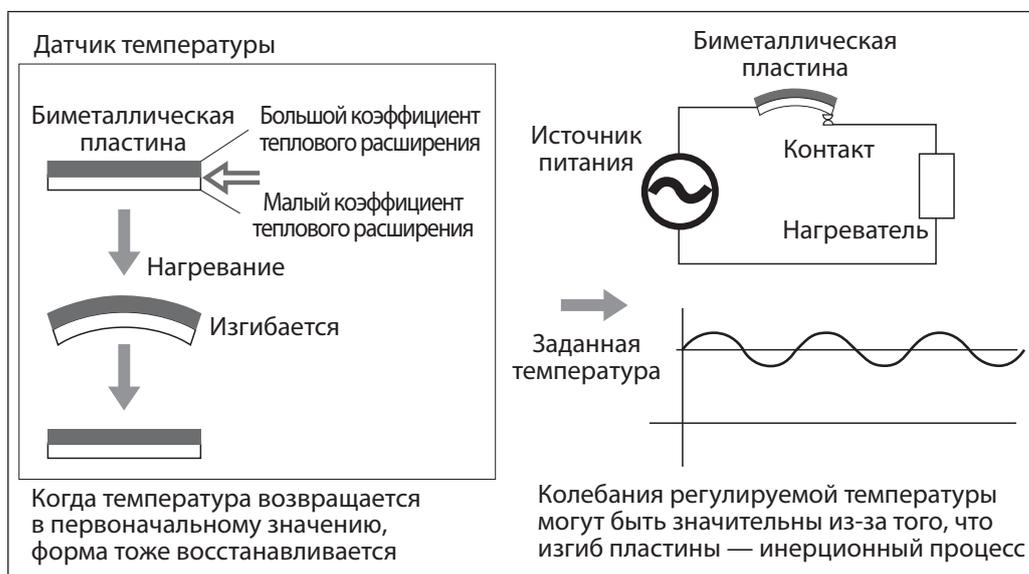
Датчик температуры — это прибор, замыкающий или размыкающий контакт или изменяющий электрическое сопротивление в соответствии с изменением температуры. Датчики температуры подразделяются на контактные датчики, которые измеряют температуру непосредственным прикосновением к веществу, температуру которого измеряют, и бесконтактные датчики, воспринимающие излучаемую тепловую энергию без непосредственного контакта с контролируемым веществом.

Существует множество типов контактных датчиков температуры, это термостаты, термисторы и термопары. К бесконтактным температурным датчикам относятся датчики инфракрасного излучения.



Классификация датчиков температуры.

Простейший датчик температуры — это биметаллический термостат. Он использует биметаллическую пластину, состоящую из двух металлов с разными коэффициентами теплового расширения. Эта биметаллическая полоска выгибается в ответ на изменение температуры. Термостат используется в устройствах, подобных электрообогревателям. Однако такие устройства реагируют только на большие колебания температуры, так как замыкание и размыкание цепи нагревателя в них производится непосредственным контактом. Датчики температуры с биметаллической пластиной используются также в автоматах защиты, размыкающих цепь при прохождении через неё слишком большого тока.



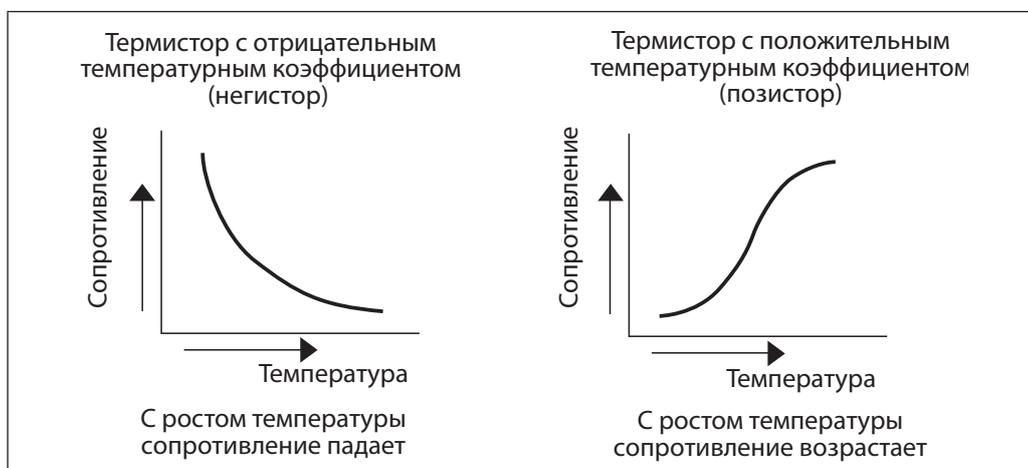
Регулировка температуры биметаллическим термостатом.

Термистор — это датчик температуры, у которого электрическое сопротивление изменяется в соответствии с колебаниями температуры. (Строго говоря, с изменением температуры изменяется электрическое сопротивление любого материала.)

Однако сопротивление термисторов значительно меняется даже в ответ на небольшое изменение температуры. Так как пропускать большой ток непосредственно через термистор нельзя, для регулировки температуры его используют в комбинации с электрической цепью.

Термисторы разделяют на *термисторы с положительным температурным коэффициентом (позисторы)*, у которых значение сопротивления растёт с ростом температуры, и *термисторы с отрицательным температурным коэффициентом (негисторы)*, чьё сопротивление уменьшается с ростом температуры.

В новейших моделях кондиционеров воздуха и холодильников в качестве температурных датчиков термисторы используют совместно с электрическими схемами, что позволяет точно регулировать температурный режим.

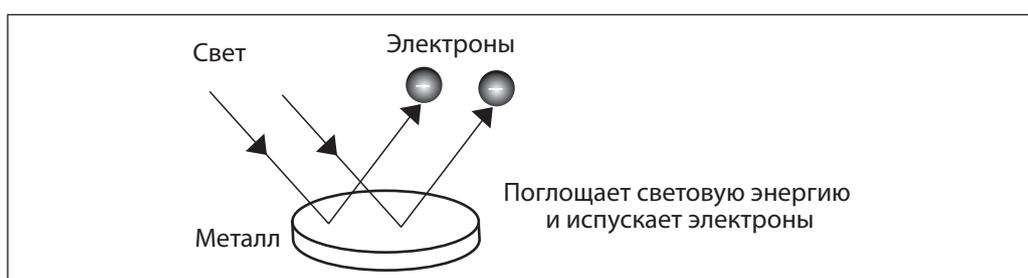


Температурные характеристики термисторов.

🌀 ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ

Оптический датчик воспринимает свет наподобие нашего глаза. Эти датчики обычно используют для автоматического включения уличного освещения при наступлении темноты, их применяют также в светоприёмной части инфракрасных дистанционных пультов электроприборов.

Оптический датчик преобразует световую энергию в электрические сигналы. Явление испускания электронов в результате поглощения веществом (например, металлом) световой энергии называется *фотоэлектрическим эффектом* или просто *фотоэффектом*.

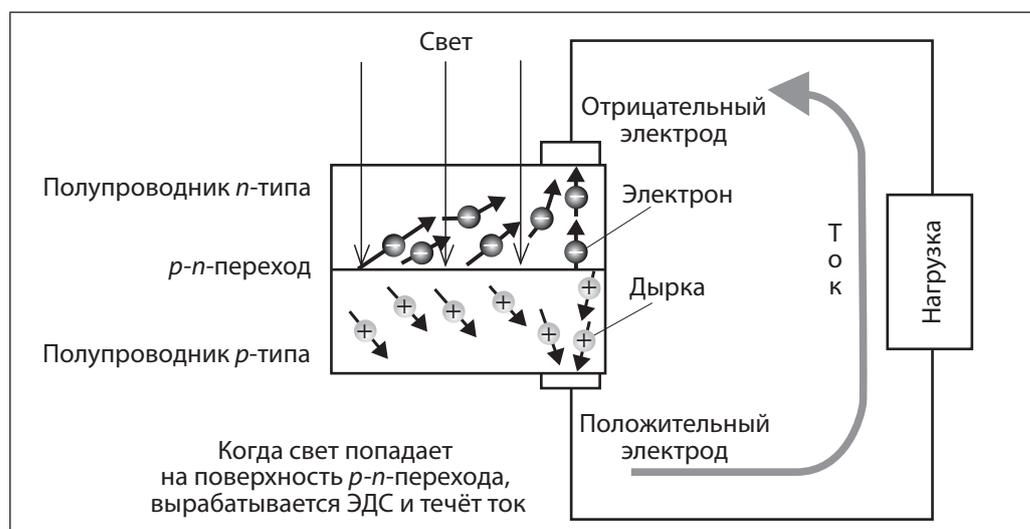


Фотоэффект.

Возникновение напряжения на полупроводниковом *p-n*-переходе из-за фотоэффекта называют *фотогальваническим эффектом*. К наиболее распространённым оптическим датчикам, использующим фотогальванический эффект, относятся фотодиоды и фото-

транзисторы. Есть также прибор, использующий фотогальванический эффект для получения электроэнергии, это — солнечная батарея.

Солнечная батарея — фотоэлемент, который вырабатывает ЭДС, когда световая энергия попадает на поверхность *p-n*-перехода, заставляя электроны и дырки перемещаться к положительным и отрицательным электродам соответственно. Если при этом к электродам солнечной батареи подключена нагрузка, то через неё будет течь ток.

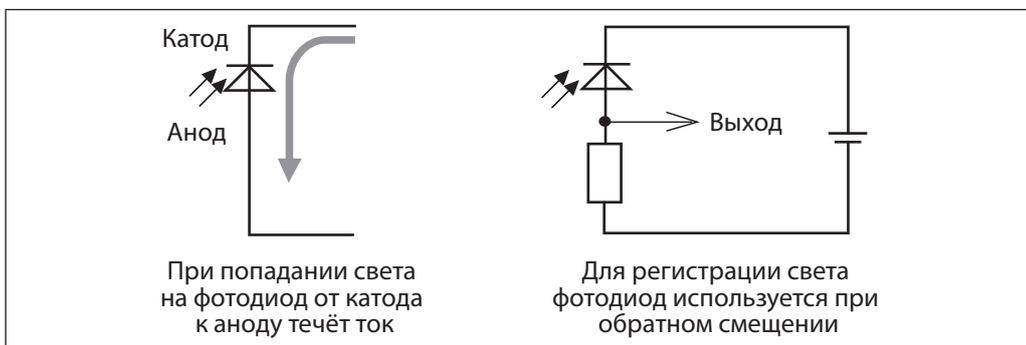


Фотогальванический эффект солнечной батареи.

Благодаря фотоэлектрическому эффекту в веществе могут вырабатываться носители электричества (такие, как электроны), вызывая изменение внутреннего сопротивления вещества. Этот эффект называют *фоторезистивным эффектом* или *фотопроводимостью*, и используют в солнечных батареях на основе сернистого кадмия.

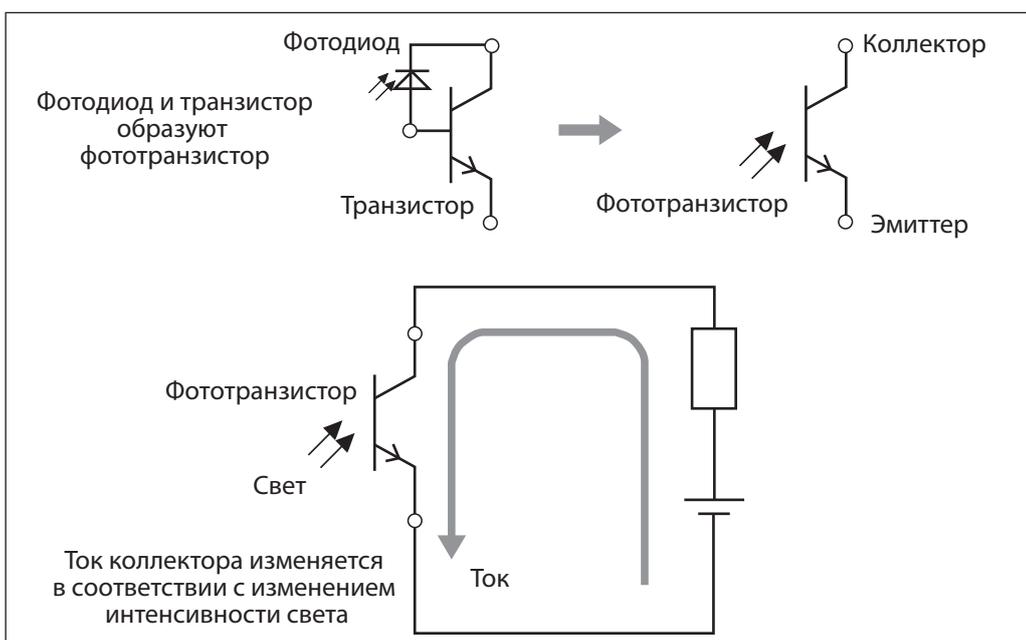
Фотодиод — это полупроводниковый прибор, в котором при поглощении света или инфракрасных лучей в результате фотогальванического эффекта от катода к аноду течёт ток. Величина тока, текущего в каждый момент, изменяется в соответствии с изменением интенсивности света.

Электрический ток, появляющийся при падении света на *p-n*-переход, очень мал, поэтому фотодиод, как правило, используют при обратном смещении.



Фотодиод.

Фотодиод, объединённый с транзистором, называют *фототранзистором*. Хотя у фототранзистора нет базы, ток коллектора растёт в момент попадания света на фотодиод. Это похоже на управляющий ток базы в обычном транзисторе. Ток коллектора изменяется в соответствии с изменением интенсивности света.



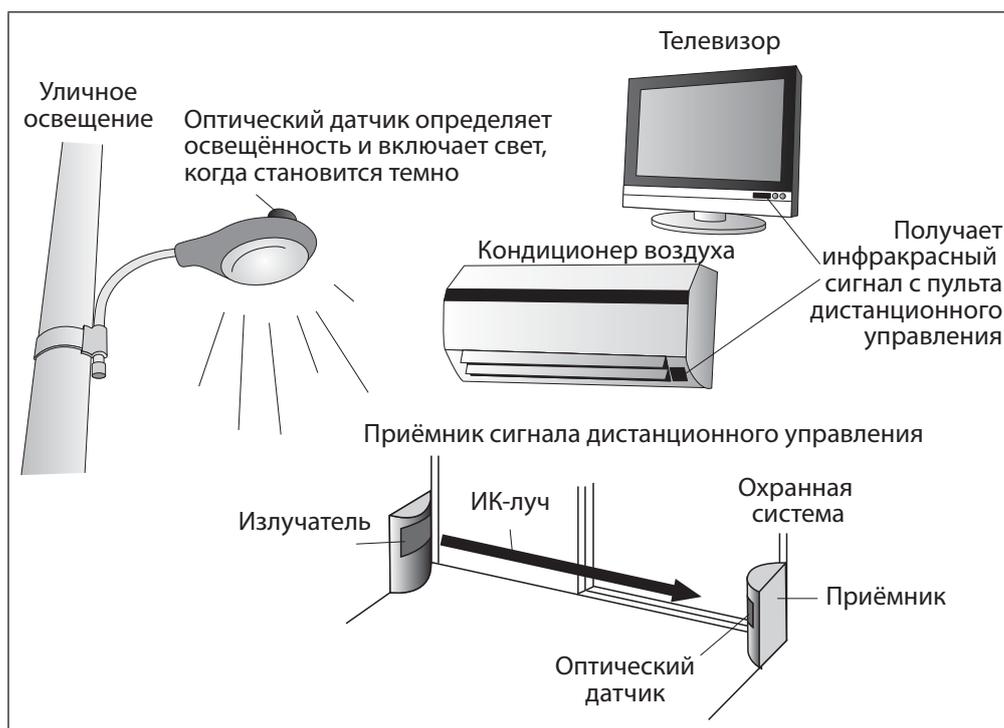
Фототранзистор.

Такой оптический датчик, как фототранзистор, можно применять для определения положения объекта или его наличия бесконтактным способом.



Фотоэлектрический эффект и оптические датчики.

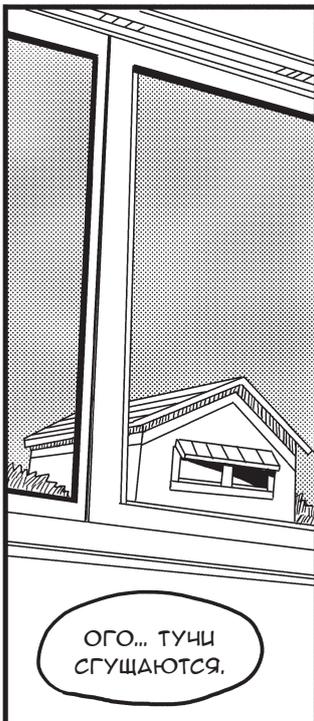
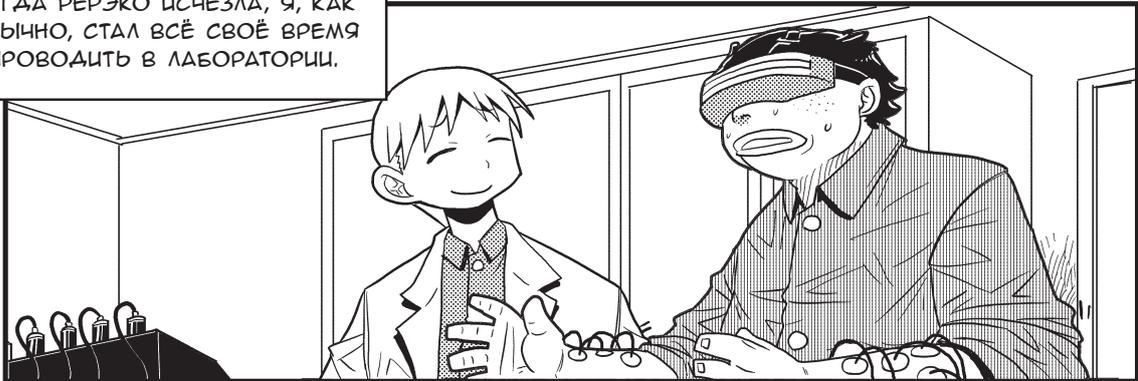
Оптические датчики применяются в разнообразных местах: в осветительных приборах, которые автоматически включаются или изменяют свою яркость при изменении внешней освещённости, в охранных устройствах, реагирующих на прерывание светового потока, и т. п.



Применение оптических датчиков.

ЭПИЛОГ

КОГДА РЕРЭКО ИСЧЕЗЛА, Я, КАК ОБЫЧНО, СТАЛ ВСЁ СВОЁ ВРЕМЯ ПРОВОДИТЬ В ЛАБОРАТОРИИ.



ОГО... ТУЧИ СГУЩАЮТСЯ.

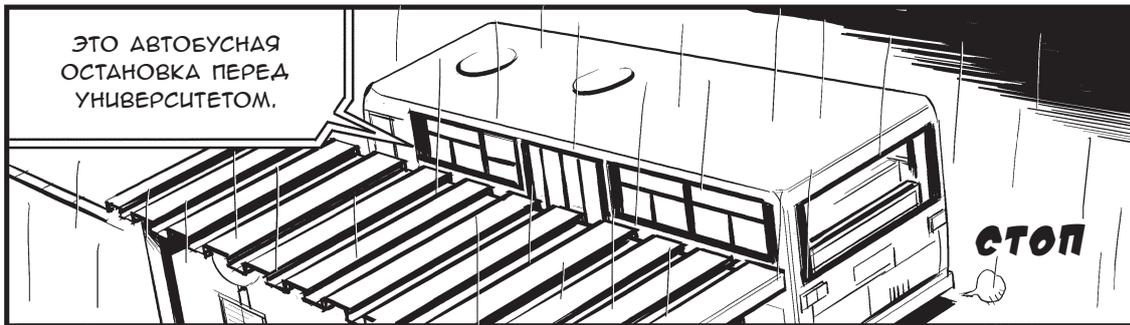


ПРОШЁЛ ЦЕЛЫЙ ГОД... ПОМНЮ, ПОГОДА В ТОТ ДЕНЬ БЫЛА, КАК СЕЙЧАС.



ПОЖАЛУЙ, Я УСПЕЮ ДО ДОЖДЯ.

ГМ.



ЭТО АВТОБУСНАЯ
ОСТАНОВКА ПЕРЕД
УНИВЕРСИТЕТОМ.

СТОП



ОГО! КАКОЙ
СИЛЬНЫЙ
ЛИВЕНЬ...

ФШ-Ш-Ш...



ТАК Я СКОРО
ПРОМОКНУ!
КАК ЖЕ Я
ЗАБЫЛ ЗОНТ?..

КАП-
КАП



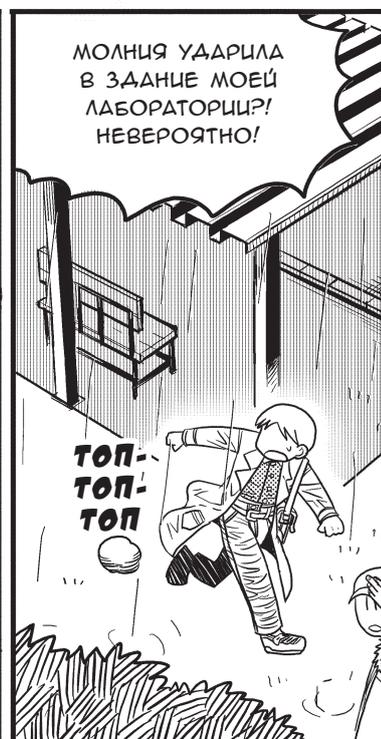
БАБАХ!

КАЖЕТСЯ, Я УЖЕ
ПРОИЗНОСИЛ
КОГДА-ТО ЭТУ
ФРАЗУ.



ПШ-Ш-Ш...

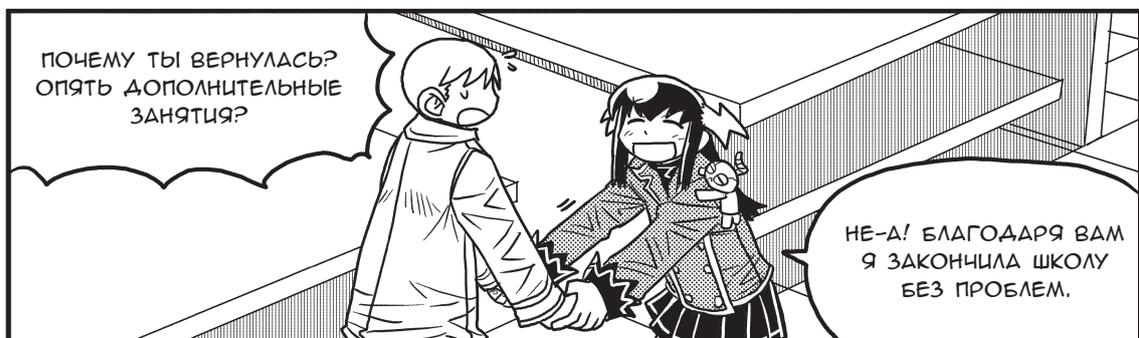
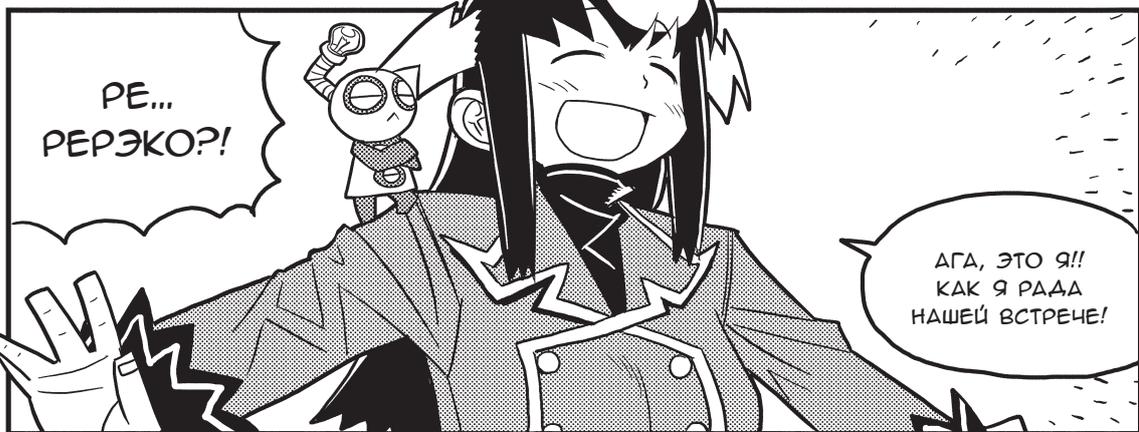
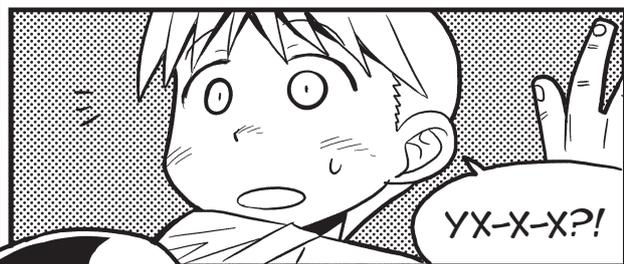
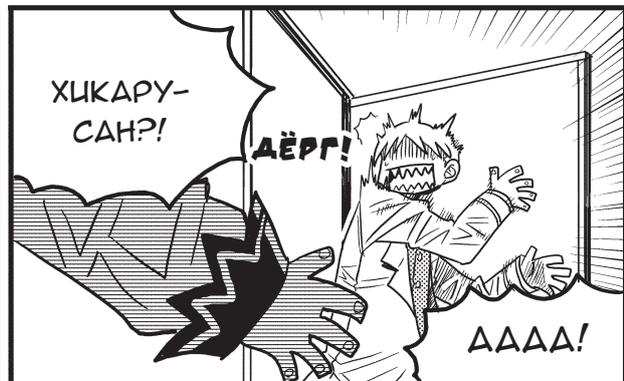
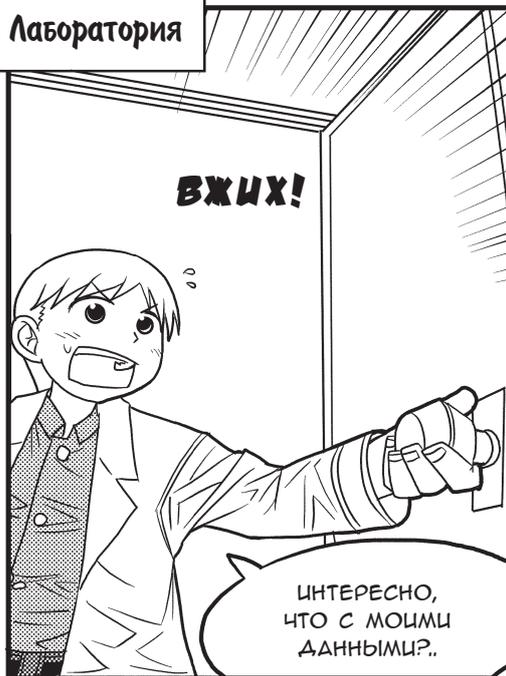
ЧТО ЗА?..



МОЛНИЯ УДАРИЛА
В ЗАДНИЕ МОЕЙ
ЛАБОРАТОРИИ?!
НЕВЕРОЯТНО!

ТОП-
ТОП-
ТОП

Лаборатория



ЭПИЛОГ

211



ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Ω (Ом) — 64,76

А

А (ампер) — 16, 45
Абсолютный ноль — 91, 108
Активное вещество — 140
Анод (положительный электрод) — 179
Асинхронный электродвигатель — 202
Атомная электростанция — 159
Атомное число — 34
Атомы — 26

Б

Безнагрузочные потери — 121
Беспримесный полупроводник — 174
Биполярный транзистор — 200

В

В (вольт) — 15, 45
Валентный электрон — 34
Ветровые электростанции — 163
Взаимная индукция — 120
Видимый свет — 95, 111
Вихревые токи — 121
Водо-водяной реактор — 160
Вольтова батарея — 134
Вт (ватт) — 17, 46
Вторичный элемент — 132
Выпрямление — 183

Г

Газотурбинные теплоэлектростанции — 159
Геомагнетизм — 99
Графические символы — 76
Гц (герц) — 67, 77

В

Двухполупериодное выпрямление — 196

Деление атомных ядер — 159
Делитель напряжения — 80
Деполяризатор — 139
Дж (джоуль) — 90, 108
Джоулево тепло — 90, 108
Диод Зенера — 198
Дырка — 177

Ё

Ёмкостное сопротивление — 122

Ж

Железный сердечник — 120

З

Закон Ома — 70, 78
Запаздывающий ток — 119

И

Изоляторы — 30
Импеданс — 123
Инвертор — 200
Индуктивное реактивное сопротивление — 119
Индуктированный ток — 117
Инфракрасные датчики — 203
Инфракрасные лучи — 94, 111
ИС — 200
Источник питания — 62
Источник питания постоянного тока — 66

К

Калория — 108
Катод (отрицательный электрод) — 179
Катушка индуктивности — 117
кВт·ч (киловатт-час) — 18
Кипящие реакторы — 160
Кл (кулон) — 29, 48
Колесо Пельтона — 162
Количество электричества — 48

Конвертер — 200
Конденсатор — 121
Контакт — 62, 75
Коэффициент мощности — 119
Коэффициент трансформации — 120

Л

Лавинный пробой — 198
Люминесценция — 96, 111

М

Марганцевая сухая батарея — 140
Мгновенное напряжение — 78
Международная система единиц СИ — 56
МОП-транзисторы — 200

Н

Нагрузка — 63, 76
Нагрузочные потери — 121
Напряжение — 15, 45
Напряжение источника питания — 63
Нейтроны — 27
Нить накаливания — 111

О

Обратное смещение — 181
Оптические датчики — 205

П

Параллельное соединение — 71, 82
Паровые теплоэлектростанции — 158
Первичный элемент — 132
Переменный ток — 66, 77
Пиковое напряжение — 78, 131, 157
Полевые транзисторы — 200
Положительное смещение — 183
Полупериодное выпрямление — 196
Полупроводник — 30, 171
Полупроводник *n*-типа — 176
Полупроводник *p*-типа — 178
Полупроводниковые элементы — 171
Последовательное соединение — 71, 80
Постоянный ток — 66, 77
Потенциал — 15

Потери
- в обмотках — 121
- в сердечнике — 121
- на вихревые токи — 121
- на гистерезис — 121
Потребляемая электрическая мощность — 17, 45
Правило
- буравчика (правого винта) — 100, 113
- левой руки — 102, 114
- правой руки — 104, 115
Примесный полупроводник — 174, 178
Проводники — 30
Пропеллерная ветровая турбина (ветряк) — 164
Противоэлектродвижущая сила — 118
Протоны — 27

Р

Радиоволны — 111
Рентгеновские лучи — 111

С

Сверхпроводимость — 92, 109
Светоизлучающий диод (светодиод) — 184
Свободный электрон — 27, 48
Сглаживающий конденсатор — 197
Сдвиг по фазе — 119
Сила Кулона — 29, 50
Сила тока — 45
Силовые линии магнитного поля — 99, 112
Сопротивление — 63
Статическое электричество — 25, 53

Т

Тепловое излучение — 96, 111
Тепловые колебания — 91, 108
Тепловые лучи — 95, 111
Теплоэлектростанции комбинированного цикла — 159
Теплоэлектростанция с ДВС — 159
Термистор — 203

Термопара — 151
Термостат — 203
Термоэлектрические явления — 152
Термоэлектрический элемент — 133
Ток базы — 189
Ток коллектора — 189
Топливный элемент — 132, 143
Транзистор
- *n-p-n*-типа — 187
- *p-n-p*-типа — 187
Трансформатор — 120
Трибоэлектрический ряд — 41, 53
Трибоэлектричество (электричество трения) — 38
Турбина Каплан — 163
Турбина Френсиса — 162

У

Удельная электропроводность — 80
Удельное сопротивление — 79, 172
Ультрафиолетовые лучи — 111
Уран-235 — 159
Устройство Пельтье — 152

Ф

Физический элемент — 132
Фотогальванический эффект — 205
Фотодиод — 205
Фоторезистивный эффект (фотопроводимость) — 206
Фототранзистор — 205
Фотоэлектрический эффект — 205
Фотоэффект — 205

Х

Химический элемент — 132

Ц

Цепь постоянного тока — 66, 77

Ч

Частота — 67, 77

Ш

Шихтованный сердечник — 121

Щ

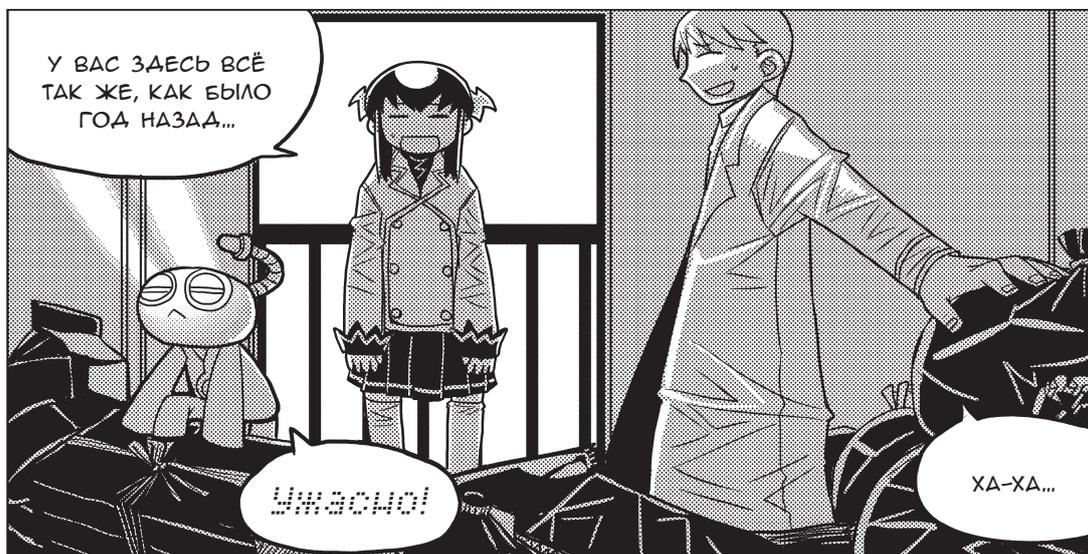
Щелочная сухая батарейка — 141

Э

Электризация — 28
Электрическая мощность (потребляемая электрическая мощность) — 18
Электрическая цепь — 60, 75
Электрический заряд — 29, 48
Электрический разряд — 31
Электрический ток — 33, 54
Электрическое сопротивление — 63, 76
Электродвижущая сила — 63, 76, 104
- индукции — 117
Электромагнит — 117
Электромагнитная индукция — 117
Электромагнитная сила — 114
Электромагнитные волны — 95, 111
Электронные оболочки — 34
Электроны — 26
Электростатическая индукция — 40, 51
Электростатическая сила — 29, 50
Электрохимическая поляризация — 139
Эффект Зеебека — 150
Эффект Пельтье — 152
Эффективное напряжение — 78, 131, 157
Эффективное сопротивление — 72, 80

Я

Ядерный реактор на лёгкой воде — 160
Ядро (атома) — 26



Книги издательства «ДМК Пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «Планета Альянс» наложенным платежом, выслав открытку или письмо по почтовому адресу:
115487, г. Москва, 2-й Нагатинский пр-д, д. 6А

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: www.aliants-kniga.ru.

Оптовые закупки: тел. (499) 782-38-89

Электронный адрес: books@aliants-kniga.ru.

Фудзитаки Кадзухиро (автор), Мацуда (художник)

Занимательная физика. Электричество. Манга 2-е издание

Главный редактор *Д. А. Мовчан*

dmpress@gmail.com

Научный редактор *И. А. Сенников*

Верстальщик *А. Ю. Анненков*

Корректор *Г. Б. Абудеева*

Формат 70×90/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Объем 14 п. л. Усл. п. л. 16,3. Тираж 200 экз.

Веб-сайт издательства ДМК Пресс: www.dmpress.com