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

Ohmsha

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Кадзухиро Фудзитаки

2-е издание

ДМК ПРЕСС ИЗДАТЕЛЬСТВО
ДОДЭКА

Москва
Додэка, ДМК Пресс, 2014

УДК 621.38
ББК 32.85я9
Ф94

Фудзитаки, Кадзухиро.
Ф94 Занимательная физика. Электричество. Манга / Кадзухиро 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 двигатели 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

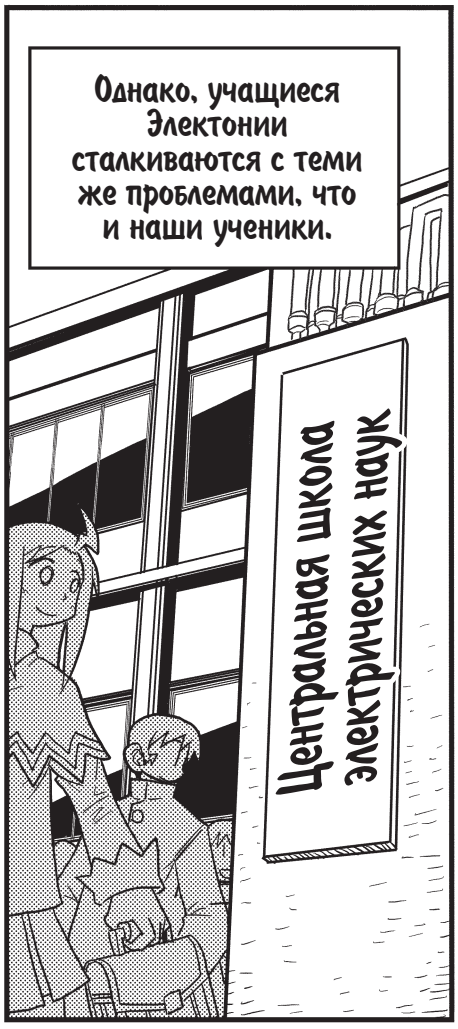
ЭПИЛОГ 209

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 213

Пролог

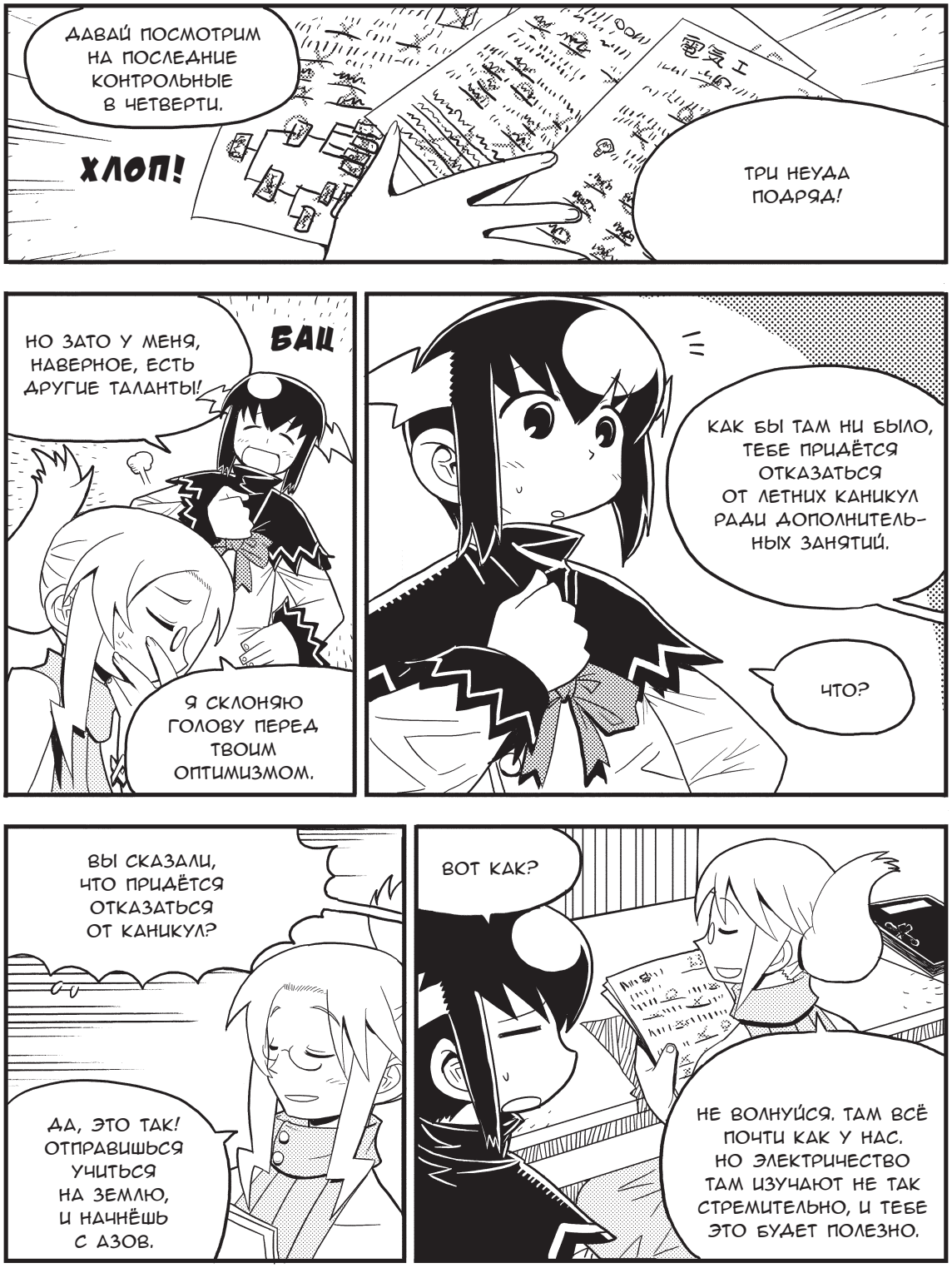
Гостья из параллельного мира

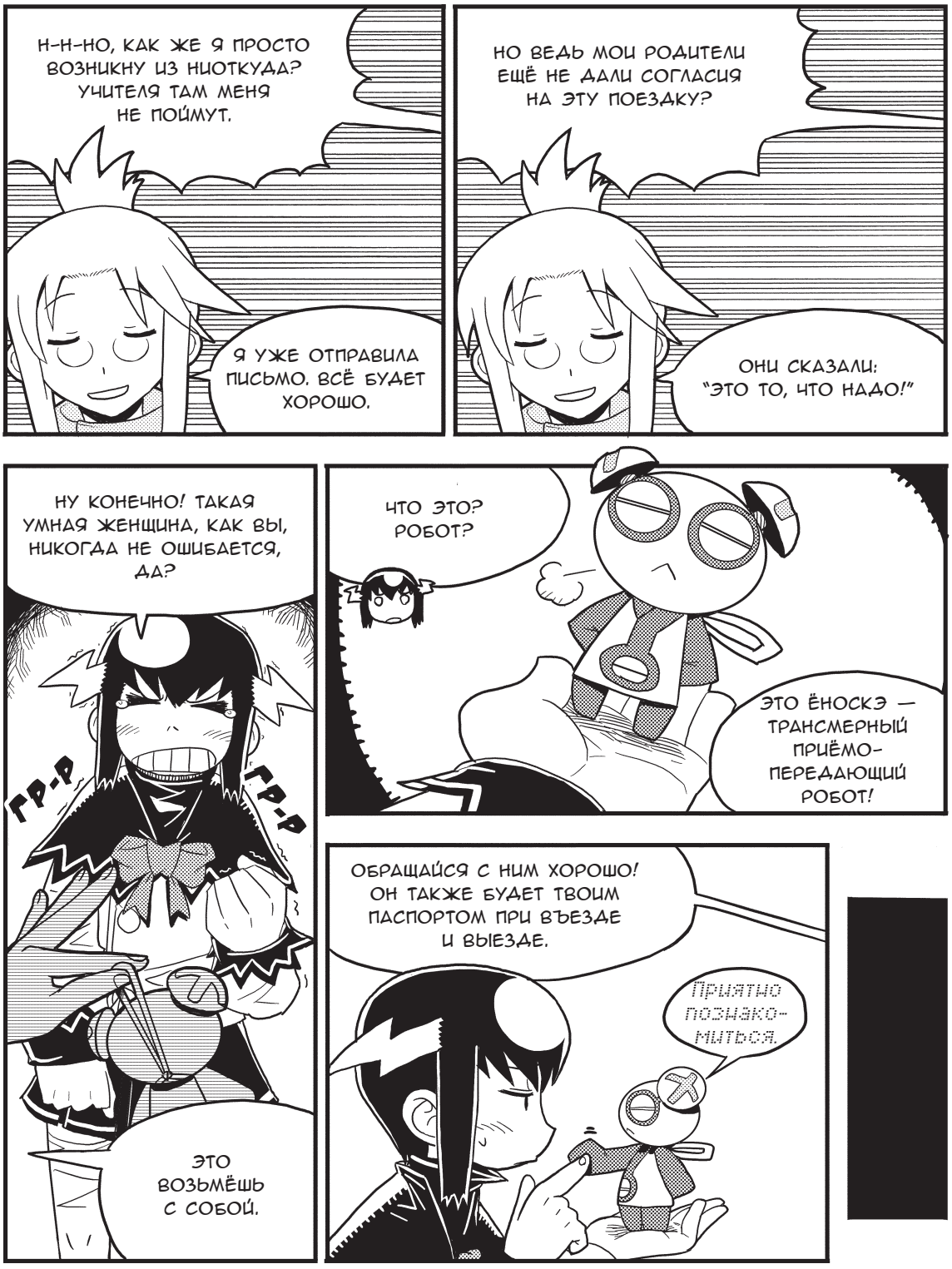
Электония
Это мир, где электрические устройства более совершенны, чем у нас на Земле.


Однако, учащиеся Электонии сталкиваются с теми же проблемами, что и наши ученики.
Центральная школа электрических наук

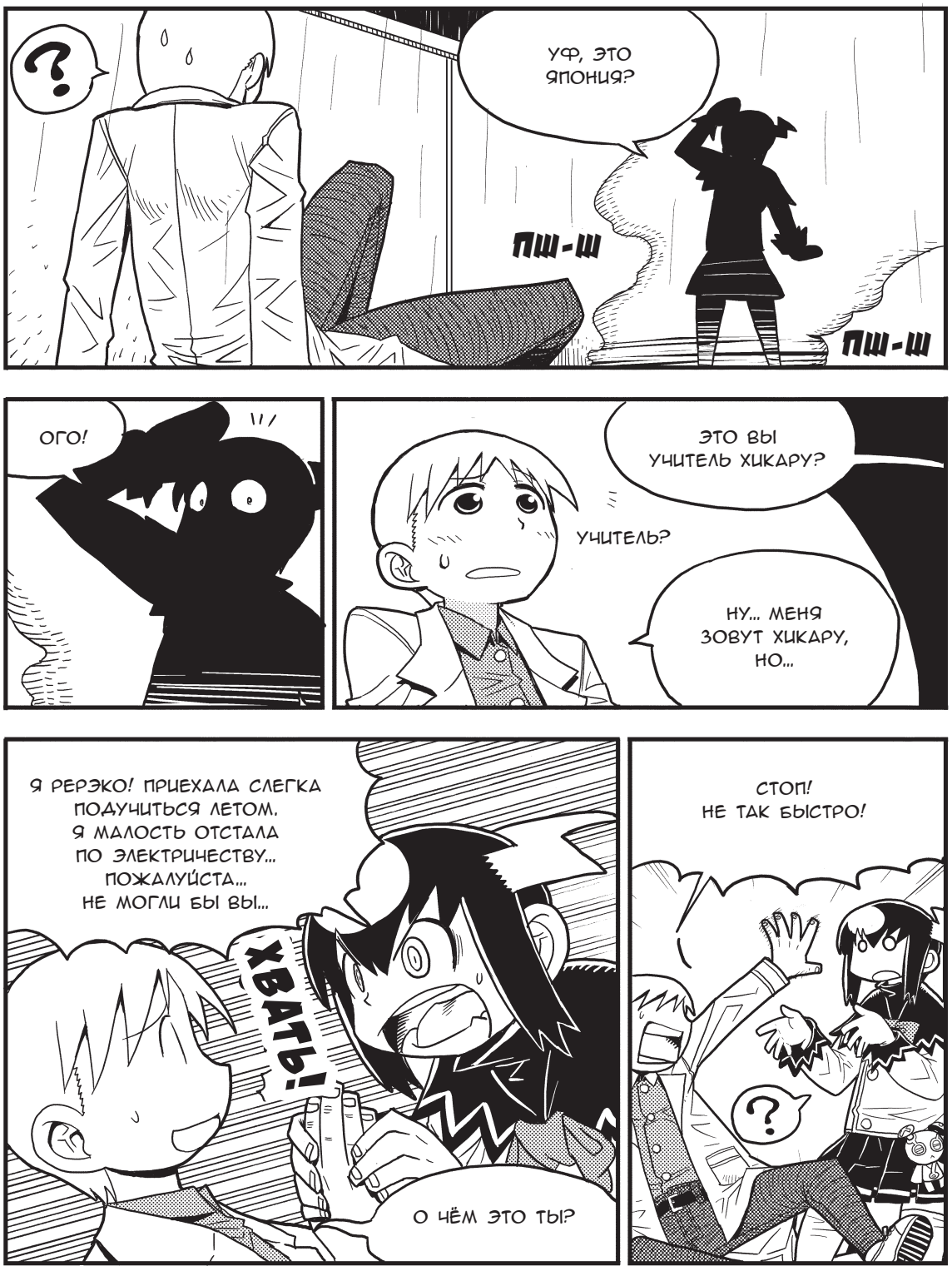
Средняя школа Учительская
РЕРЭКО,
КАК ТЫ ДУМАЕШЬ, ЗАЧЕМ Я ТЕБЯ ВЫЗВАЛА?
ХМ...

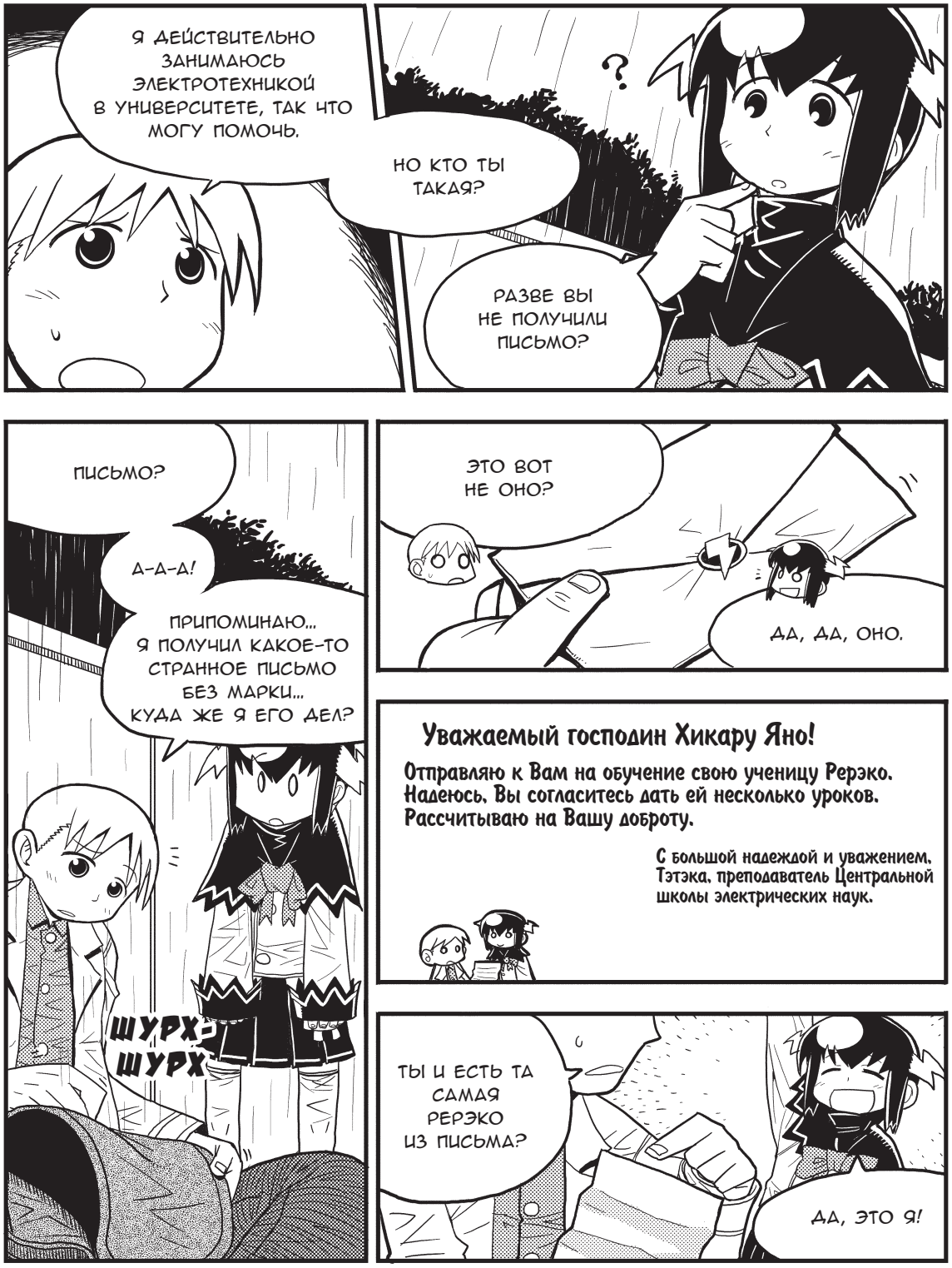
НИКОГДА НЕ ОТЛИЧАЛАСЬ СООБРАЗИТЕЛЬНОСТЬЮ. ДАЖЕ НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮ.
НИЧЕГО. ТЫ НА ПОРОГЕ ПРАВИЛЬНОГО ОТВЕТА.

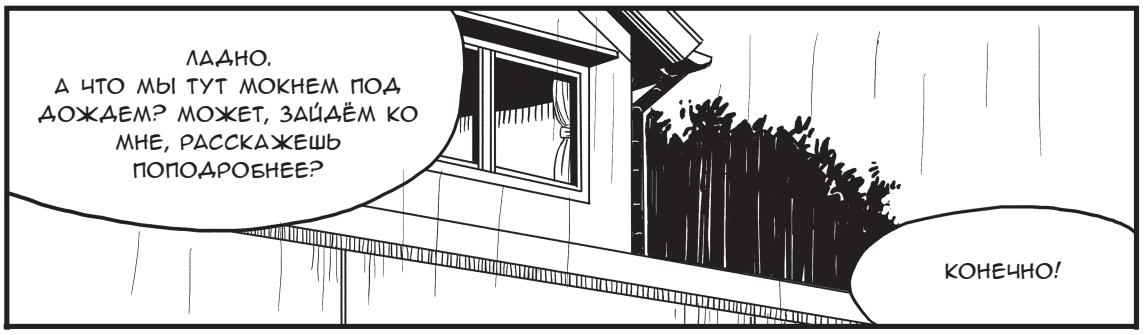

ДАВАЙ ПОСМОТРИМ НА ПОСЛЕДНИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ В ЧЕТВЕРТИ.
ХЛОП!
ТРИ НЕУДА ПОДРЯД!
НО ЗАТО У МЕНЯ, НАВЕРНОЕ, ЕСТЬ ДРУГИЕ ТАЛАНТЫ!
БАЦ
Я СКЛОНЯЮ ГОЛОВУ ПЕРЕД ТВОИМ ОПТИМИЗМОМ.
КАК БЫ ТАМ НИ БЫЛО, ТЕБЕ ПРИДЁТСЯ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ЛЕТНИХ КАНИКУЛ РАДИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ.
ЧТО?
ВЫ СКАЗАЛИ, ЧТО ПРИДЁТСЯ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ КАНИКУЛ?
ДА, ЭТО ТАК! ОТПРАВИШЬСЯ УЧИТЬСЯ НА ЗЕМЛЮ, И НАЧНЁШЬ С АЗОВ.
ВОТ КАК?
НЕ ВОЛНУЙСЯ. ТАМ ВСЁ ПОЧТИ КАК У НАС. НО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТАМ ИЗУЧАЮТ НЕ ТАК СТРЕМИТЕЛЬНО, И ТЕБЕ ЭТО БУДЕТ ПОЛЕЗНО.


Н-Н-НО, КАК ЖЕ Я ПРОСТО ВОЗНИКНУ ИЗ НИОТКУДА? УЧИТЕЛЯ ТАМ МЕНЯ НЕ ПОЙМУТ.
Я УЖЕ ОТПРАВИЛА ПИСЬМО. ВСЁ БУДЕТ ХОРОШО.
НО ВЕДЬ МОИ РОДИТЕЛИ ЕЩЁ НЕ ДАЛИ СОГЛАСИЯ НА ЭТУ ПОЕЗДКУ?
ОНИ СКАЗАЛИ: "ЭТО ТО, ЧТО НАДО!"
НУ КОНЕЧНО! ТАКАЯ УМНАЯ ЖЕНЩИНА, КАК ВЫ, НИКОГДА НЕ ОШИБАЕТСЯ, ДА?
ГР-Р
ГР-Р
ЭТО ВОЗЬМЁШЬ С СОБОЙ.
ЧТО ЭТО? РОБОТ?
ЭТО ЁНОСКЭ — ТРАНСМЕРНЫЙ ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИЙ РОБОТ!
ОБРАЩАЙСЯ С НИМ ХОРОШО! ОН ТАКЖЕ БУДЕТ ТВОИМ ПАСПОРТОМ ПРИ ВЪЕЗДЕ И ВЫЕЗДЕ.
Приятно познако-миться.

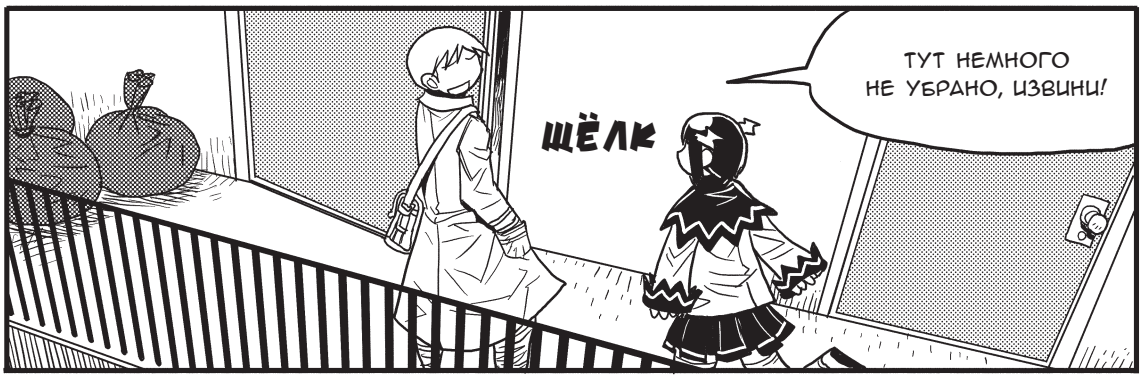
Следующий день
Токио, Япония
ФШ-Ш-Ш!
ФШ-Ш-Ш
КАКОЙ ЛИВЕНЬ...
ТАК Я СКОРО ПРОМОКНУ! КАК ЖЕ Я ЗАБЫЛ ЗОНТ?
Я ПОЧТИ ДОМА, ПРОБЕГУСЬ, ПОЖАЛУЙ...
БАБАХ!
ГЛЫТЬ
А-А-А!!
ТРАХ!
А-А-А!

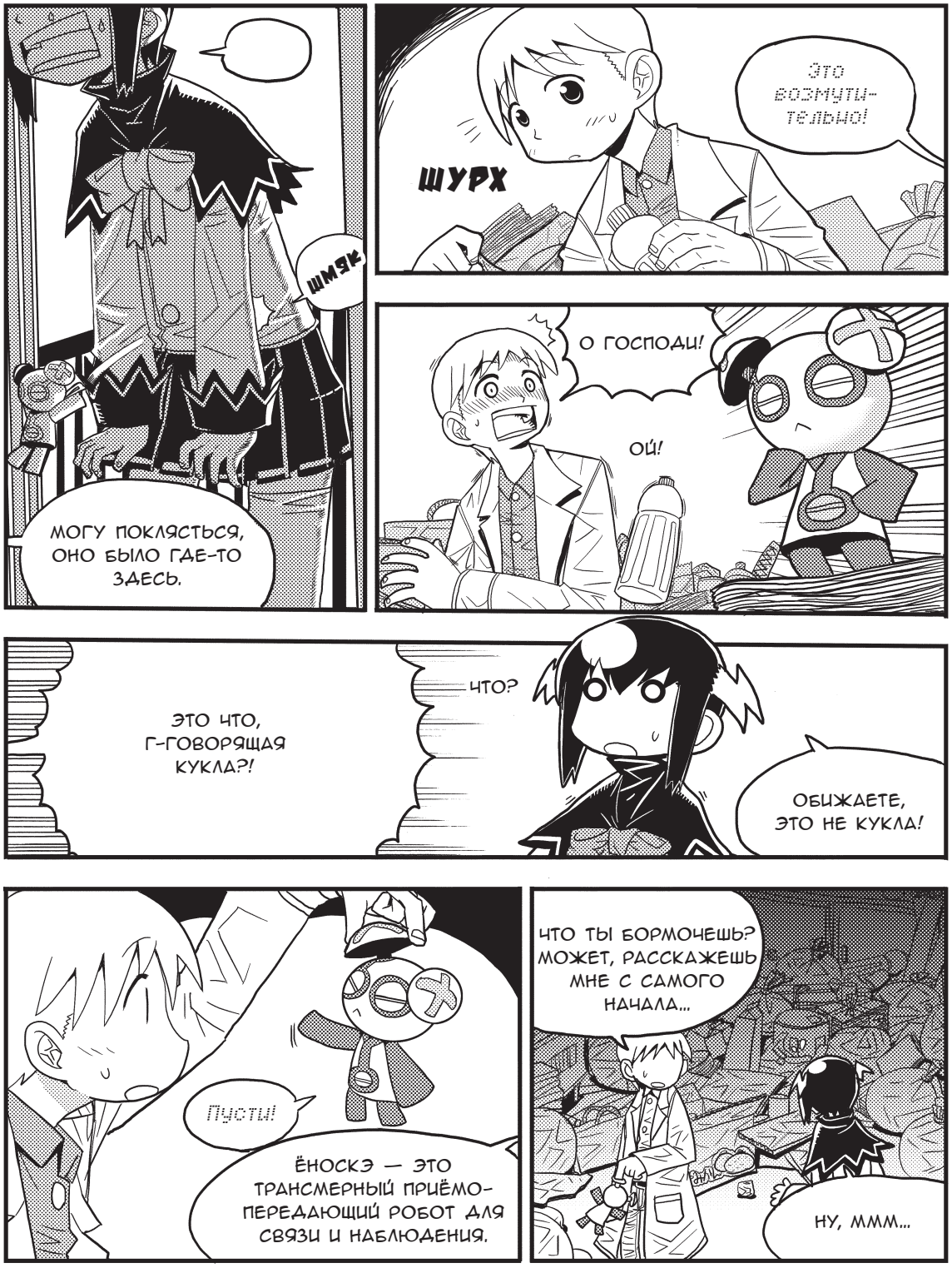

?
УФ, ЭТО ЯПОНИЯ?
ПШ-Ш
ПШ-Ш
ОГО!
ЭТО ВЫ УЧИТЕЛЬ ХИКАРУ?
УЧИТЕЛЬ?
НУ... МЕНЯ ЗОВУТ ХИКАРУ, НО...
Я РЕРЭКО! ПРИЕХАЛА СЛЕГКА ПОДУЧИТЬСЯ ЛЕТОМ. Я МАЛОСТЬ ОТСТАЛА ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ... ПОЖАЛУЙСТА... НЕ МОГЛИ БЫ ВЫ...
ХВАТЬ!
О ЧЁМ ЭТО ТЫ?
СТОП! НЕ ТАК БЫСТРО!
?


Я ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЗАНИМАЮСЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИКОЙ В УНИВЕРСИТЕТЕ, ТАК ЧТО МОГУ ПОМОЧЬ.
НО КТО ТЫ ТАКАЯ?
?
РАЗВЕ ВЫ НЕ ПОЛУЧИЛИ ПИСЬМО?
ПИСЬМО?
А-А-А!
ПРИПОМИНАЮ... Я ПОЛУЧИЛ КАКОЕ-ТО СТРАННОЕ ПИСЬМО БЕЗ МАРКИ... КУДА ЖЕ Я ЕГО ДЕЛ?
ШУРХ ШУРХ
ЭТО ВОТ НЕ ОНО?
ДА, ДА, ОНО.
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.
ТЫ И ЕСТЬ ТА САМАЯ РЕРЭКО ИЗ ПИСЬМА?
ДА, ЭТО Я!



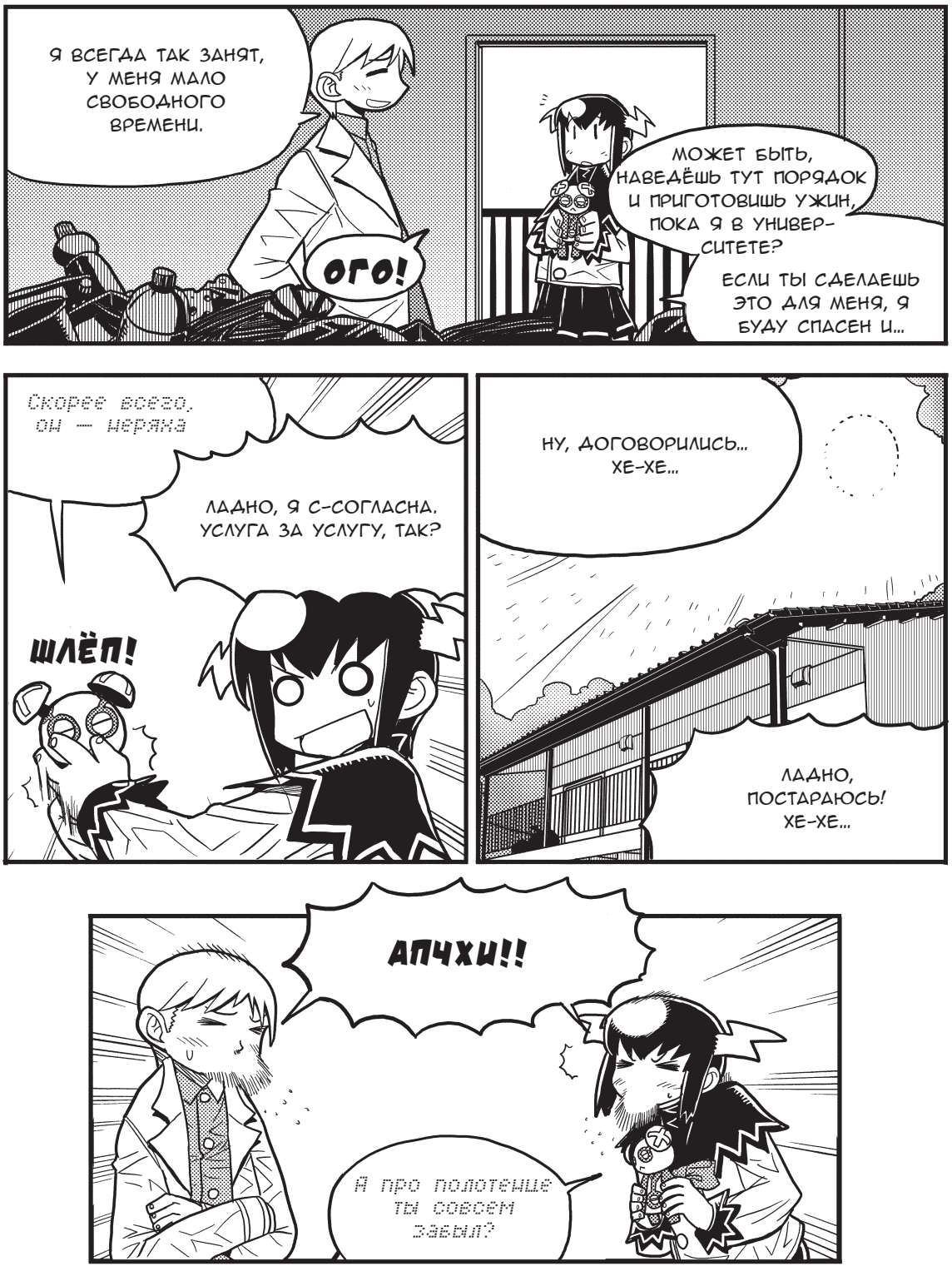
В квартире Хикару




ШМЯК
МОГУ ПОКЛЯСТЬСЯ, ОНО БЫЛО ГДЕ-ТО ЗДЕСЬ.
ШУРХ
Это возмути-тельно!
О ГОСПОДИ!
ОЙ!
ЧТО?
ЭТО ЧТО, Г-ГОВОРЯЩАЯ КУКЛА?!
ОБИЖАЕТЕ, ЭТО НЕ КУКЛА!
Пусти!
ЁНОСКЭ — ЭТО ТРАНСМЕРНЫЙ ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИЙ РОБОТ ДЛЯ СВЯЗИ И НАБЛЮДЕНИЯ.
ЧТО ТЫ БОРМОЧЕШЬ? МОЖЕТ, РАССКАЖЕШЬ МНЕ С САМОГО НАЧАЛА...
НУ, ММММ...

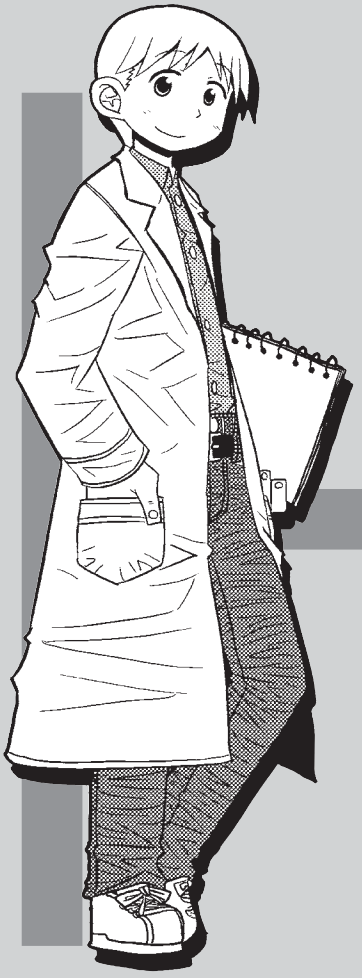
Спустя тридцать минут...
...вот как было дело.
ну вот, теперь понятно! ты прибыла из параллельного мира.
электония — страна, где электричество применяется несколько шире, чем у вас.
так как изучение электричества считается очень важным, даже дети моего возраста должны знать основы. но вот я... как бы сказать... я...
Двоечница!
ШЛЁП-ШЛЁП-ШЛЁП
Ой
ясно, с помощью дополнительных занятий ты попробуешь наверстать упущенное?
тэтэка, моя учительница, хорошо информирована о вашем мире.

Я ДУМАЮ, У ВАС ДОСТАТОЧНО ЗНАНИЙ, ЧТОБЫ НАУЧИТЬ МЕНЯ, УЧИТЕЛЬ!
И КАК ТОЛЬКО ЭТА ТЭТЭКА ОБО МНЕ УЗНАЛА?
ПРОШУ ВАС, УЧИТЕЛЬ ХИКАРУ...
НЕ МОГЛИ БЫ ВЫ НАУЧИТЬ МЕНЯ ОСНОВАМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА?
Я ОТПРАВИЛАСЬ СЮДА ВМЕСТО ЛЕТНИХ КАНИКУЛ И НЕ СМОГУ ВЕРНУТЬСЯ, ПОКА НЕ ПОЛУЧУ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗНАНИЙ.
ЭТО ПОНЯТНО! НО У МЕНЯ ИССЛЕДОВАНИЯ, И...
ПОТОМ...
ЕЩЁ ВОТ ЭТО...
КАК ВИДИШЬ, У МЕНЯ НЕБОЛЬШОЙ БЕСПОРЯДОК В КОМНАТЕ.
НЕБОЛЬШОЙ?!
НУ, БОЛЬШОЙ, СОГЛАСЕН.

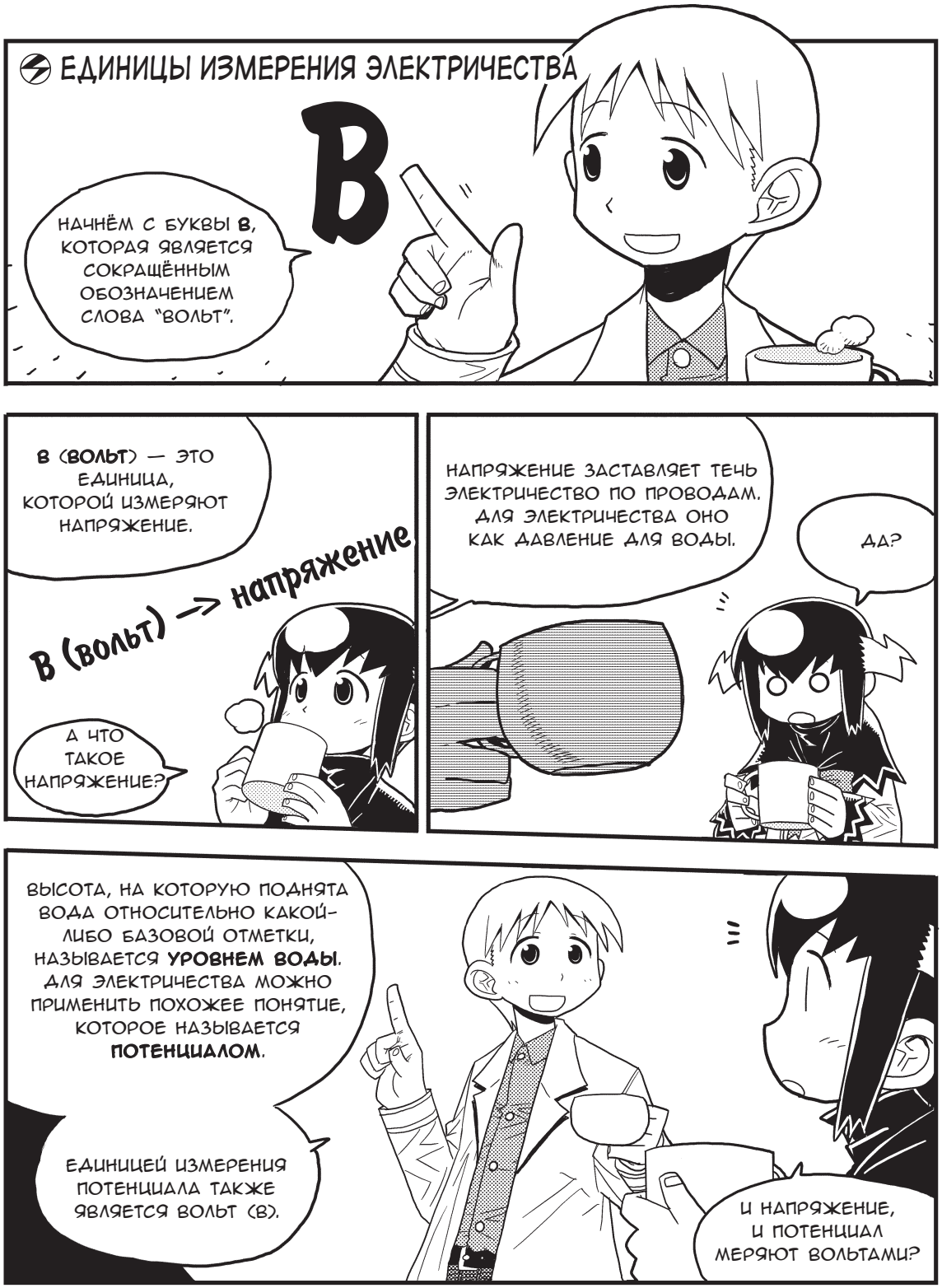

Я всегда так занят, у меня мало свободного времени.
ого!
Может быть, наведёшь тут порядок и приготовишь ужин, пока я в универ-ситете?
Если ты сделаешь это для меня, я буду спасен и...
Скорее всего, он — шерлок
Ладно, я с-согласна. Услуга за услугу, так?
ШЛЁП!
Ну, договорились... хе-хе...
Ладно, постараюсь! хе-хе...
АПЧХИ!!
А про полотенце ты совсем забыл?

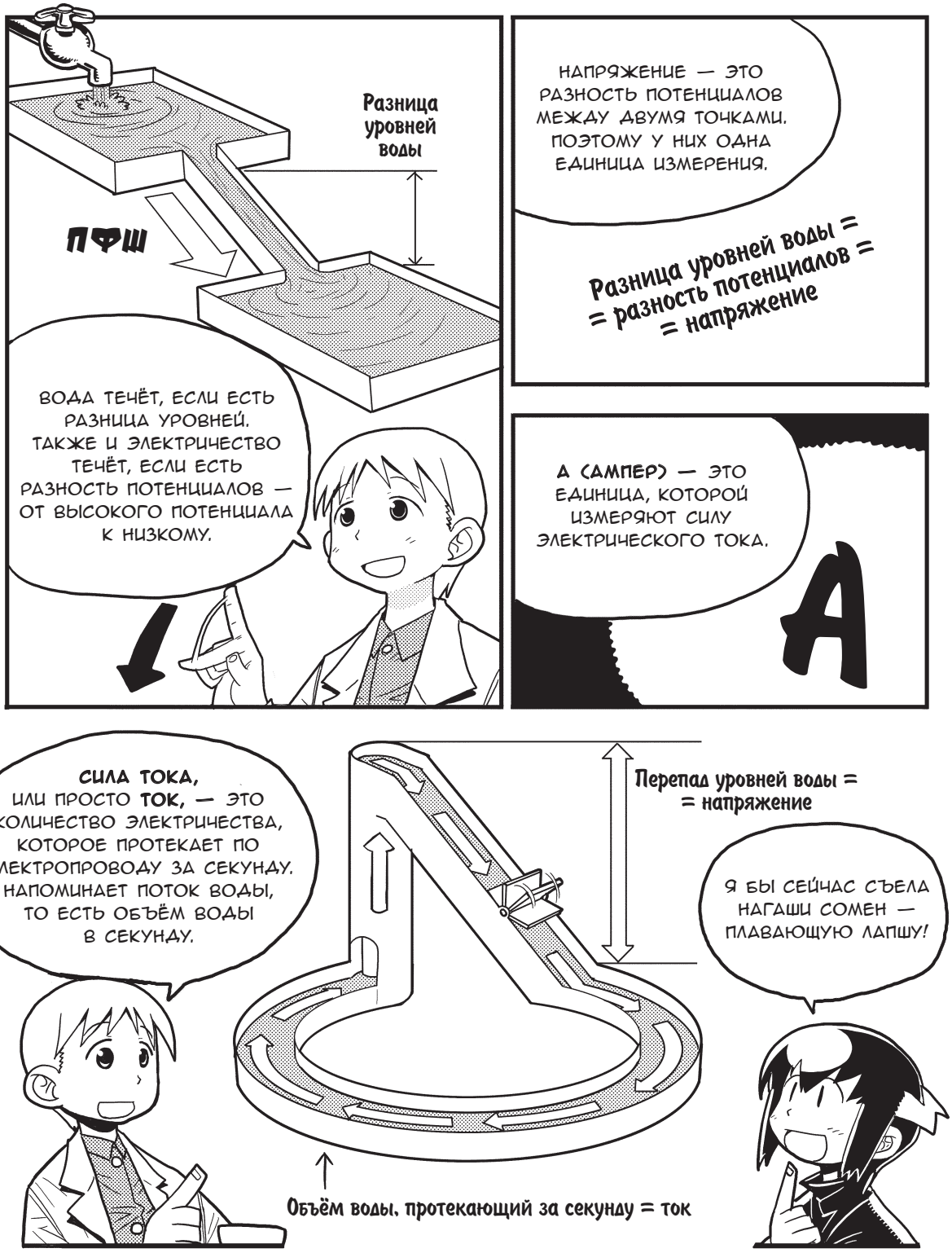
1

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

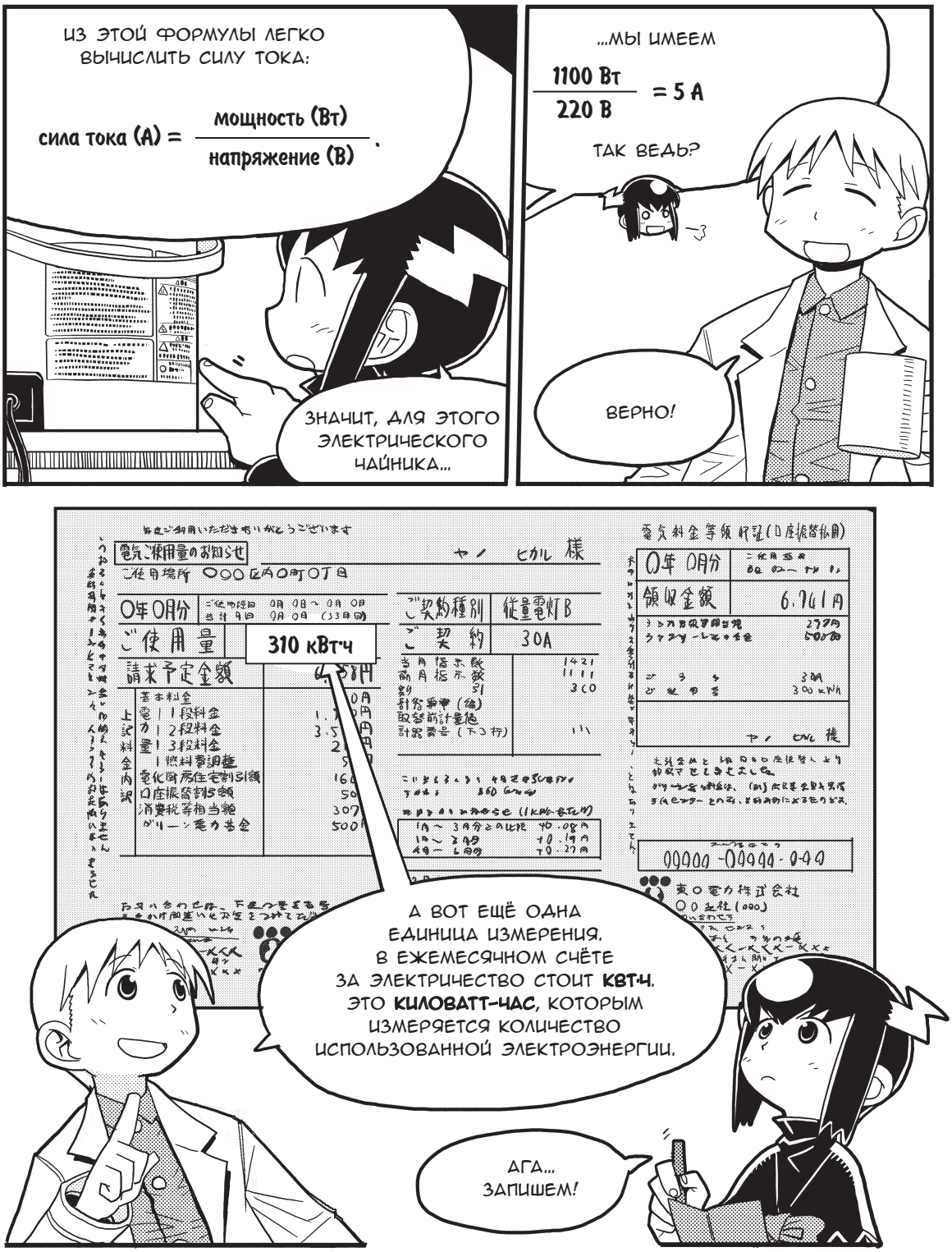


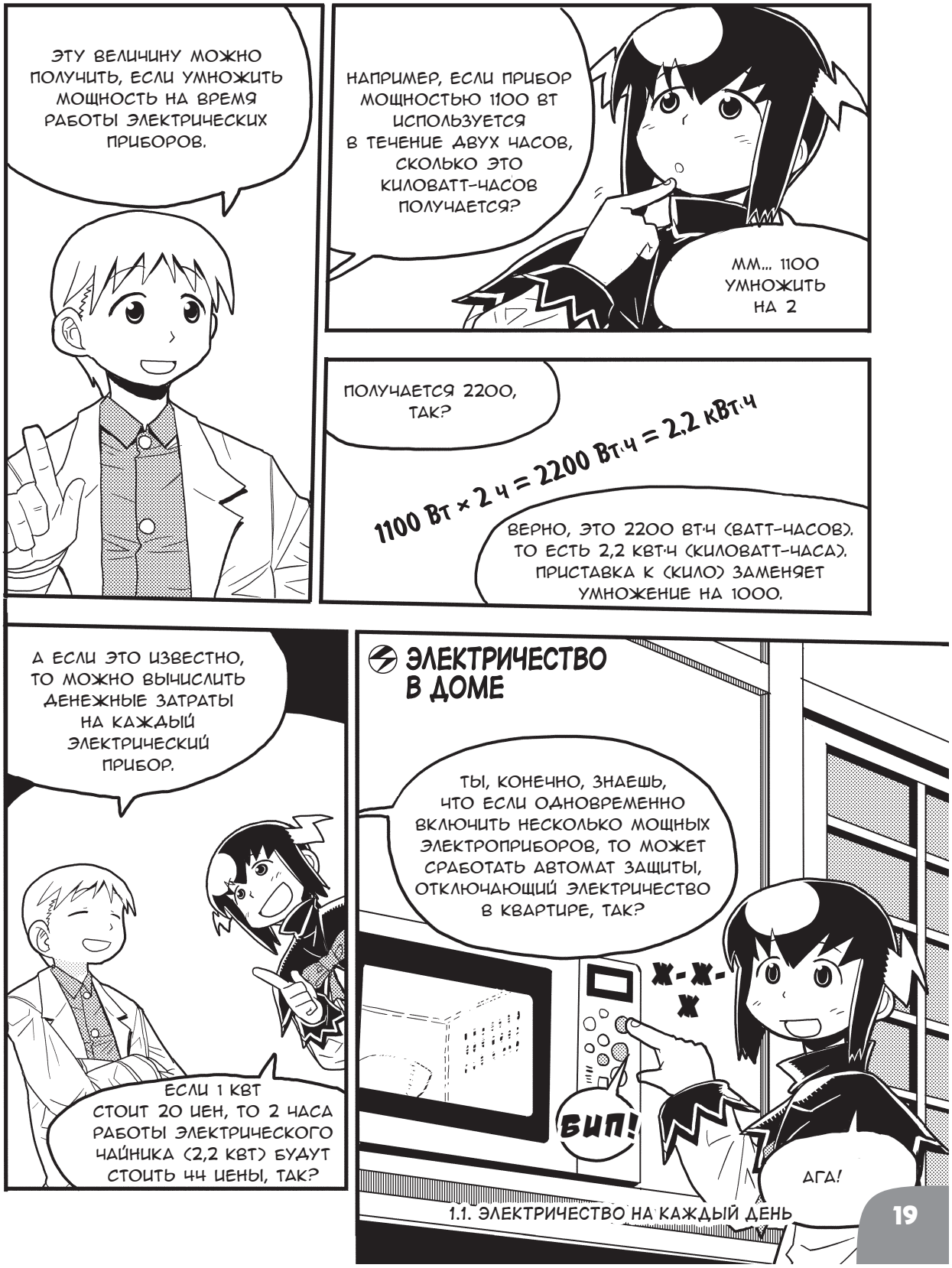
1.1. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО НА КАЖДЫЙ ДЕНЬ

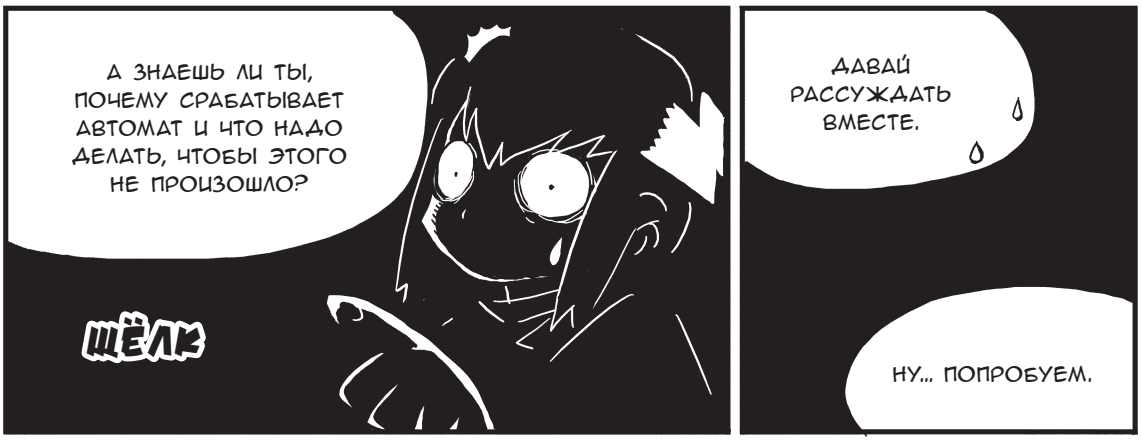

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА
В
НАЧНЁМ С БУКВЫ В, КОТОРАЯ ЯВЛЯЕТСЯ СОКРАЩЁННЫМ ОБОЗНАЧЕНИЕМ СЛОВА "ВОЛЬТ".
В (ВОЛЬТ) — ЭТО ЕДИНИЦА, КОТОРОЙ ИЗМЕРЯЮТ НАПРЯЖЕНИЕ.
В (вольт) -> напряжение
А ЧТО ТАКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ?
НАПРЯЖЕНИЕ ЗАСТАВЛЯЕТ ТЕЧЬ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПО ПРОВОДАМ. ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ОНО КАК ДАВЛЕНИЕ ДЛЯ ВОДЫ.
ДА?
ВЫСОТА, НА КОТОРУЮ ПОДНЯТА ВОДА ОТНОСИТЕЛЬНО КАКОЙ-ЛИБО БАЗОВОЙ ОТМЕТКИ, НАЗЫВАЕТСЯ **УРОВНЕМ ВОДЫ**. ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА МОЖНО ПРИМЕНИТЬ ПОХОЖЕЕ ПОНЯТИЕ, КОТОРОЕ НАЗЫВАЕТСЯ **ПОТЕНЦИАЛОМ**.
ЕДИНИЦЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ТАКЖЕ ЯВЛЯЕТСЯ ВОЛЬТ (В).
И НАПРЯЖЕНИЕ, И ПОТЕНЦИАЛ МЕРЯЮТ ВОЛЬТАМИ?

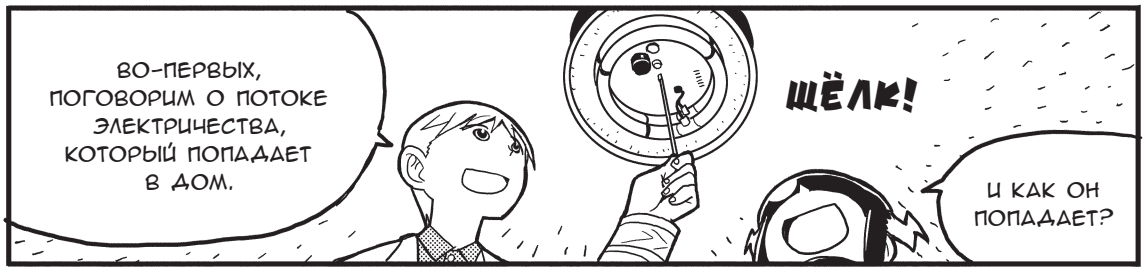

Разница уровней воды
ПФШ
ВОДА ТЕЧЁТ, ЕСЛИ ЕСТЬ РАЗНИЦА УРОВНЕЙ. ТАКЖЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТЕЧЁТ, ЕСЛИ ЕСТЬ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ — ОТ ВЫСОКОГО ПОТЕНЦИАЛА К НИЗКОМУ.
НАПРЯЖЕНИЕ — ЭТО РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ МЕЖДУ ДВУМЯ ТОЧКАМИ. ПОЭТОМУ У НИХ ОДНА ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ.
Разница уровней воды = = разность потенциалов = = напряжение
А (АМПЕР) — ЭТО ЕДИНИЦА, КОТОРОЙ ИЗМЕРЯЮТ СИЛУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.
А
СИЛА ТОКА, ИЛИ ПРОСТО ТОК, — ЭТО КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, КОТОРОЕ ПРОТЕКАЕТ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДУ ЗА СЕКУНДУ. НАПОМИНАЕТ ПОТОК ВОДЫ, ТО ЕСТЬ ОБЪЁМ ВОДЫ В СЕКУНДУ.
Перепад уровней воды = = напряжение
Я БЫ СЕЙЧАС СЪЕЛА НАГАШИ СОМЕН — ПЛАВАЮЩУЮ ЛАПШУ!
Объём воды, протекающий за секунду = ток

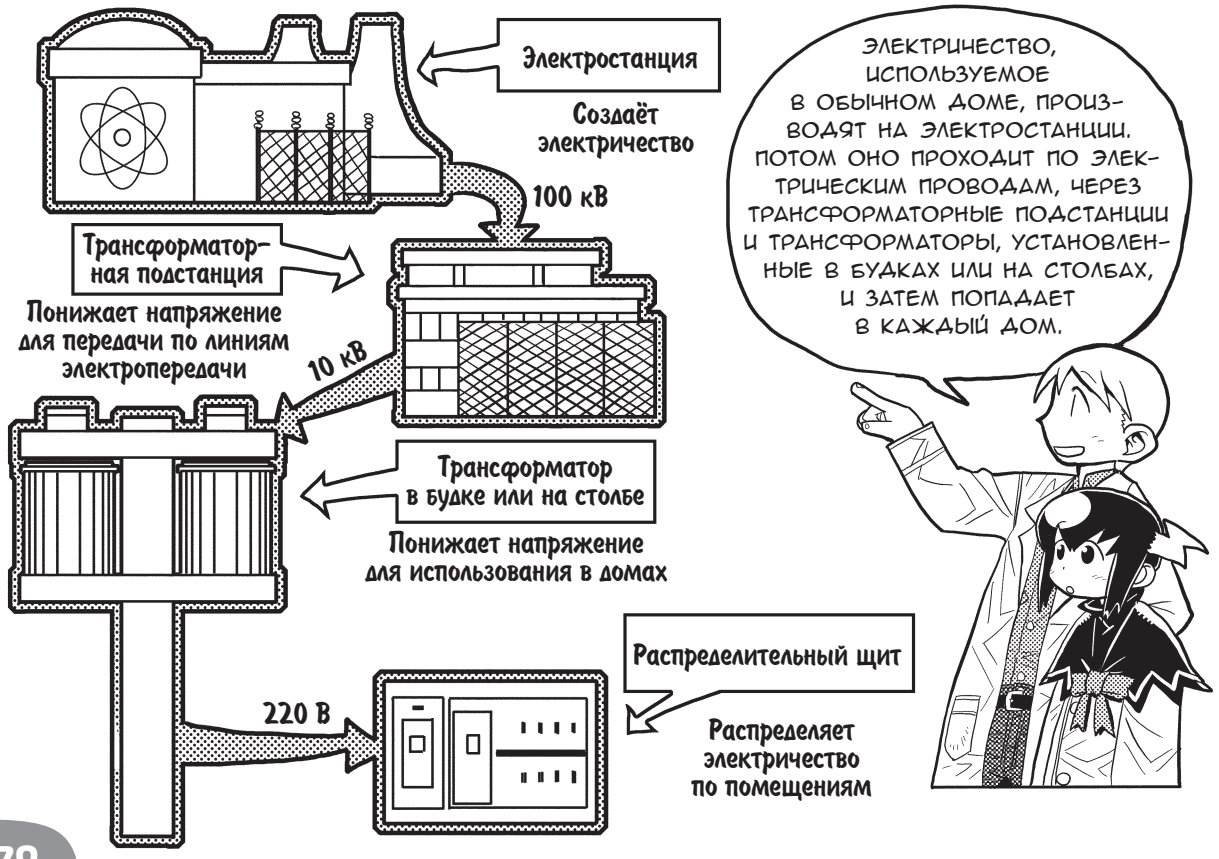
ПОВОРАЧИВАЯ ЭТО ВОДЯНОЕ КОЛЕСО, ТЕКУЩАЯ ВОДА ВЫПОЛНЯЕТ РАБОТУ. ТАКЖЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВЫПОЛНЯЕТ РАЗЛИЧНУЮ РАБОТУ, КОГДА ТЕЧЁТ ТОК.
КРУТЬ-КРУТЬ
А, К ПРИМЕРУ, ЛАПШУ СОМЕН ОНО ГОТОВИТ?
ХВАТИТ УЖЕ ПРО ЛАПШУ!
ТОГДА СКАЖИТЕ, ЧТО ТАКОЕ ВТ?
ВТ
ВТ (ВАТТ) — ЭТО ЕДИНИЦА, КОТОРОЙ ИЗМЕРЯЮТ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ — ЭТО РАБОТА, СОВЕРШАЕМАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ЗА ОДНУ СЕКУНДУ.
С УМА СОЙТИ!
МОЩНОСТЬ...
мощность (Вт) =
= напряжение (В) × сила тока (А)
...НАХОДЯТ С ПОМОЩЬЮ ЭТОЙ ФОРМУЛЫ.


ИЗ ЭТОЙ ФОРМУЛЫ ЛЕГКО ВЫЧИСЛИТЬ СИЛУ ТОКА:
сила тока (А) = мощность (Вт) / напряжение (В).
ЗНАЧИТ, ДЛЯ ЭТОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЧАЙНИКА...
...МЫ ИМЕЕМ
1100 Вт / 220 В = 5 А
ТАК ВЕДЬ?
ВЕРНО!
電気ご使用量のお知らせ
ご使用量
310 кВт·ч
請求予定金額
А ВОТ ЕЩЁ ОДНА ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ. В ЕЖЕМЕСЯЧНОМ СЧЁТЕ ЗА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО СТОИТ КВТ·Ч. ЭТО КИЛОВАТТ-ЧАС, КОТОРЫМ ИЗМЕРЯЕТСЯ КОЛИЧЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.
АГА... ЗАПИШЕМ!


ЭТУ ВЕЛИЧИНУ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ, ЕСЛИ УМНОЖИТЬ МОЩНОСТЬ НА ВРЕМЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.
НАПРИМЕР, ЕСЛИ ПРИБОР МОЩНОСТЬЮ 1100 ВТ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ТЕЧЕНИЕ ДВУХ ЧАСОВ, СКОЛЬКО ЭТО КИЛОВАТТ-ЧАСОВ ПОЛУЧАЕТСЯ?
ММ... 1100 УМНОЖИТЬ НА 2
ПОЛУЧАЕТСЯ 2200, ТАК?
1100 Вт × 2 ч = 2200 Вт·ч = 2,2 кВт·ч
ВЕРНО, ЭТО 2200 ВТ·Ч (ВАТТ-ЧАСОВ). ТО ЕСТЬ 2,2 КВТ·Ч (КИЛОВАТТ-ЧАСА). ПРИСТАВКА К (КИЛО) ЗАМЕНЯЕТ УМНОЖЕНИЕ НА 1000.
А ЕСЛИ ЭТО ИЗВЕСТНО, ТО МОЖНО ВЫЧИСЛИТЬ ДЕНЕЖНЫЕ ЗАТРАТЫ НА КАЖДЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР.
ЕСЛИ 1 КВТ СТОИТ 20 ЦЕН, ТО 2 ЧАСА РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЧАЙНИКА (2,2 КВТ) БУДУТ СТОИТЬ 44 ЦЕНЫ, ТАК?
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В ДОМЕ
ТЫ, КОНЕЧНО, ЗНАЕШЬ, ЧТО ЕСЛИ ОДНОВРЕМЕННО ВКЛЮЧИТЬ НЕСКОЛЬКО МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ, ТО МОЖЕТ СРАБОТАТЬ АВТОМАТ ЗАЩИТЫ, ОТКЛЮЧАЮЩИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В КВАРТИРЕ, ТАК?
Ж-Ж-Ж
БИП!
АГА!

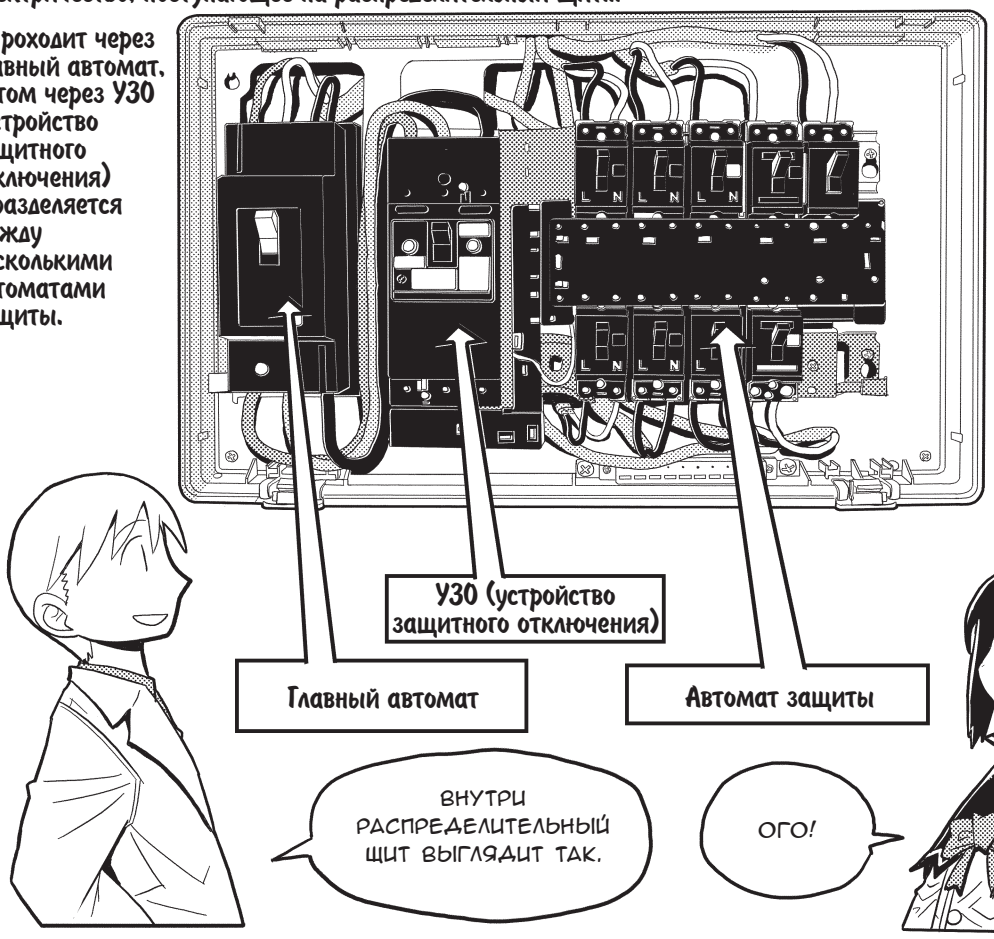

А ЗНАЕШЬ ЛИ ТЫ, ПОЧЕМУ СРАБАТЫВАЕТ АВТОМАТ И ЧТО НАДО ДЕЛАТЬ, ЧТОБЫ ЭТОГО НЕ ПРОИЗОШЛО?
ЩЁЛК
ДАВАЙ РАССУЖДАТЬ ВМЕСТЕ.
НУ... ПОПРОБУЕМ.

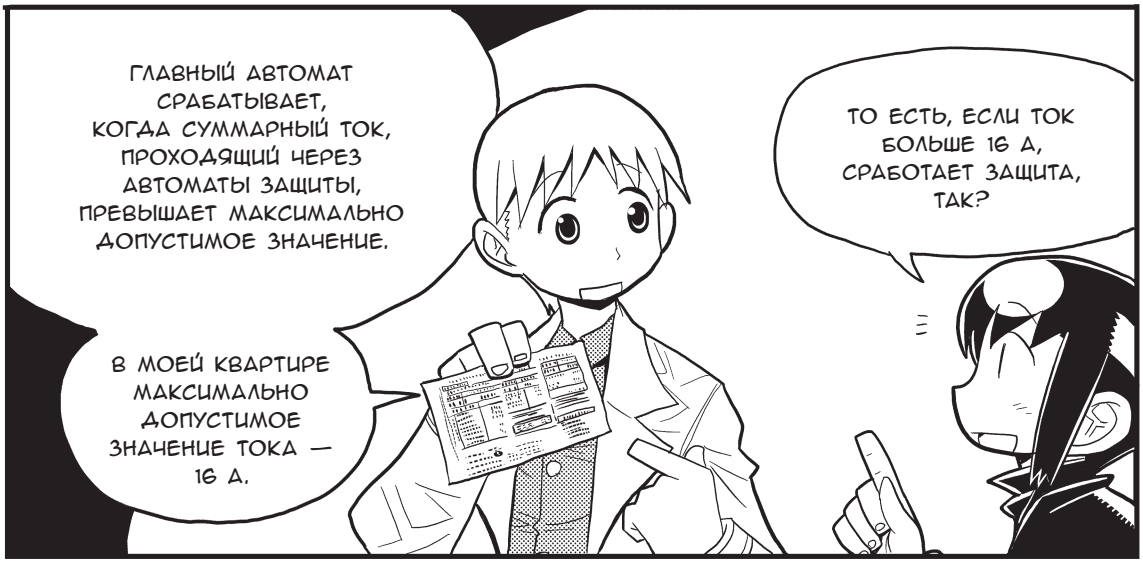

ВО-ПЕРВЫХ, ПОГОВОРИМ О ПОТОКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, КОТОРЫЙ ПОПАДАЕТ В ДОМ.
ЩЁЛК!
И КАК ОН ПОПАДАЕТ?

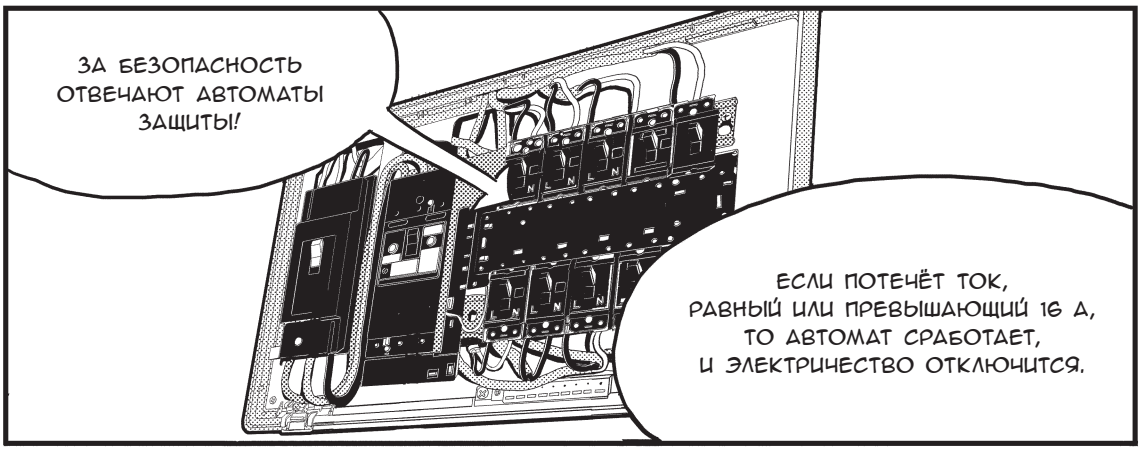

Электростанция
Создаёт электричество
100 кВ
Трансформаторная подстанция
Понижает напряжение для передачи по линиям электропередачи
10 кВ
Трансформатор в будке или на столбе
Понижает напряжение для использования в домах
220 В
Распределительный щит
Распределяет электричество по помещениям
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, 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.






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 Вт/220 В = 6,8 А
Мультиварка: 2000 Вт/220 В = 9,1 А
6,8 А + 9,1 А = 15,9 А
ВЕЛИЧИНА 16 А НЕ ПРЕВЫШЕНА.
ГЛЫК
ЕЩЁ БЫ ЧУТЬ-ЧУТЬ, И...

Даже если бы превысила, мы могли бы избежать срабатывания защиты, если бы не включали оба прибора одновременно или...
...если бы включили один из них в розетку, подсоединённую к другому автомату защиты.
Гениально!
Но всё же остаётся одна вещь, о которой нельзя забывать, даже если автомат и не сработает.
Каждая розетка рассчитана на определённый **номинальный ток**.
Как правило, он равен 10 А.
Тык
Тык
Тык
Тык
А если ток будет больше?
Ну что ж, даже если включить в одну розетку сразу несколько приборов и суммарный ток превысит 10 А, то автомат защиты не сработает, пока ток меньше 16 А, но...

...ЕСЛИ ТАК БУДЕТ ПРОДОЛЖАТЬСЯ ДОЛГОЕ ВРЕМЯ, РОЗЕТКА ИЛИ ВИЛКА НАГРЕЮТСЯ, А ЭТО ОПАСНО.
ПШ-Ш...
ЭЭ-ЭЭ...
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?
Д...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 ЭЛЕКТРИЧЕСТВО НЕ БУДЕТ НОРМАЛЬНЫМ!!!

1.2. КАК РАБОТАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ИТАК, ДАВАЙ ПОДРОБНО ПОГОВОРИМ О ПРИРОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА!

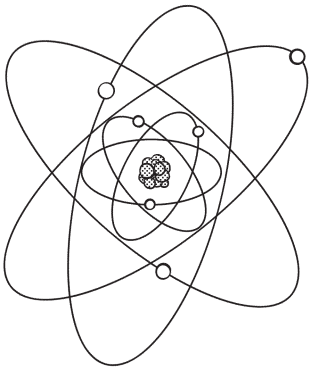
ИСТИННАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

ВООБЩЕ-ТО ИСТИННАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ЗАКЛЮЧЕНА В КРОХОТНЫХ ЧАСТИЦАХ, ИМЕЮЩИХСЯ В ЛЮБОМ ВЕЩЕСТВЕ.

ДА?

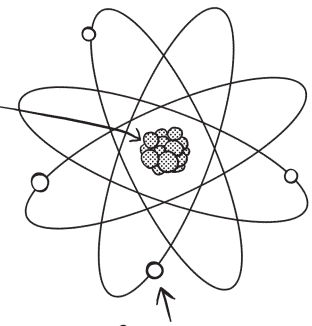
ДАЖЕ В НАС С ВАМИ?

ВОТ ИМЕННО! И В НАС С ТОБОЙ. ВСЕ ВЕЩЕСТВА СОСТОЯТ ИЗ МЕЛЬЧАЙШИХ ЧАСТИЦ, НАЗЫВАЕМЫХ **АТОМАМИ**.



Атом

И ЧТО ИЗ ЭТОГО СЛЕДУЕТ?

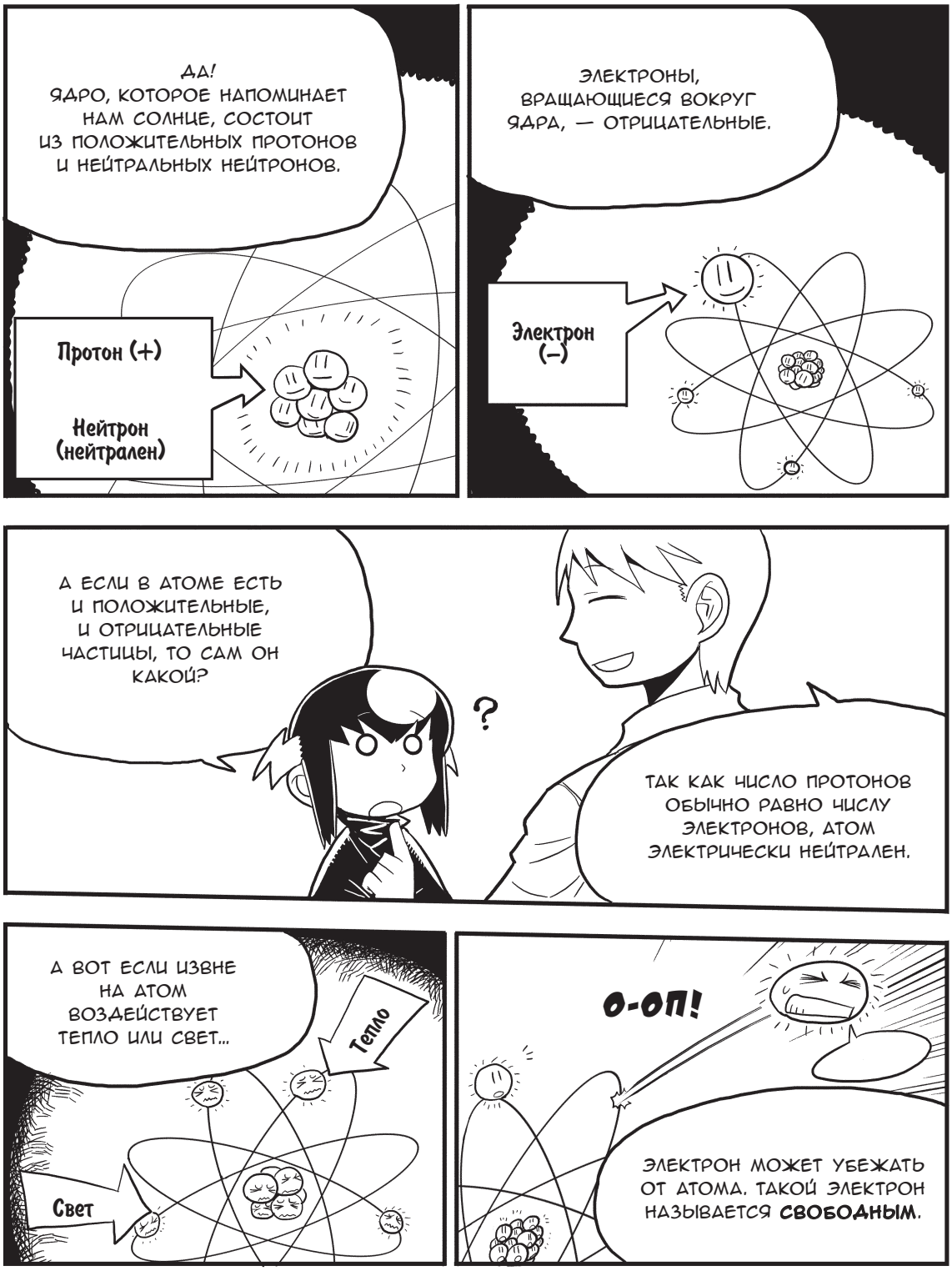


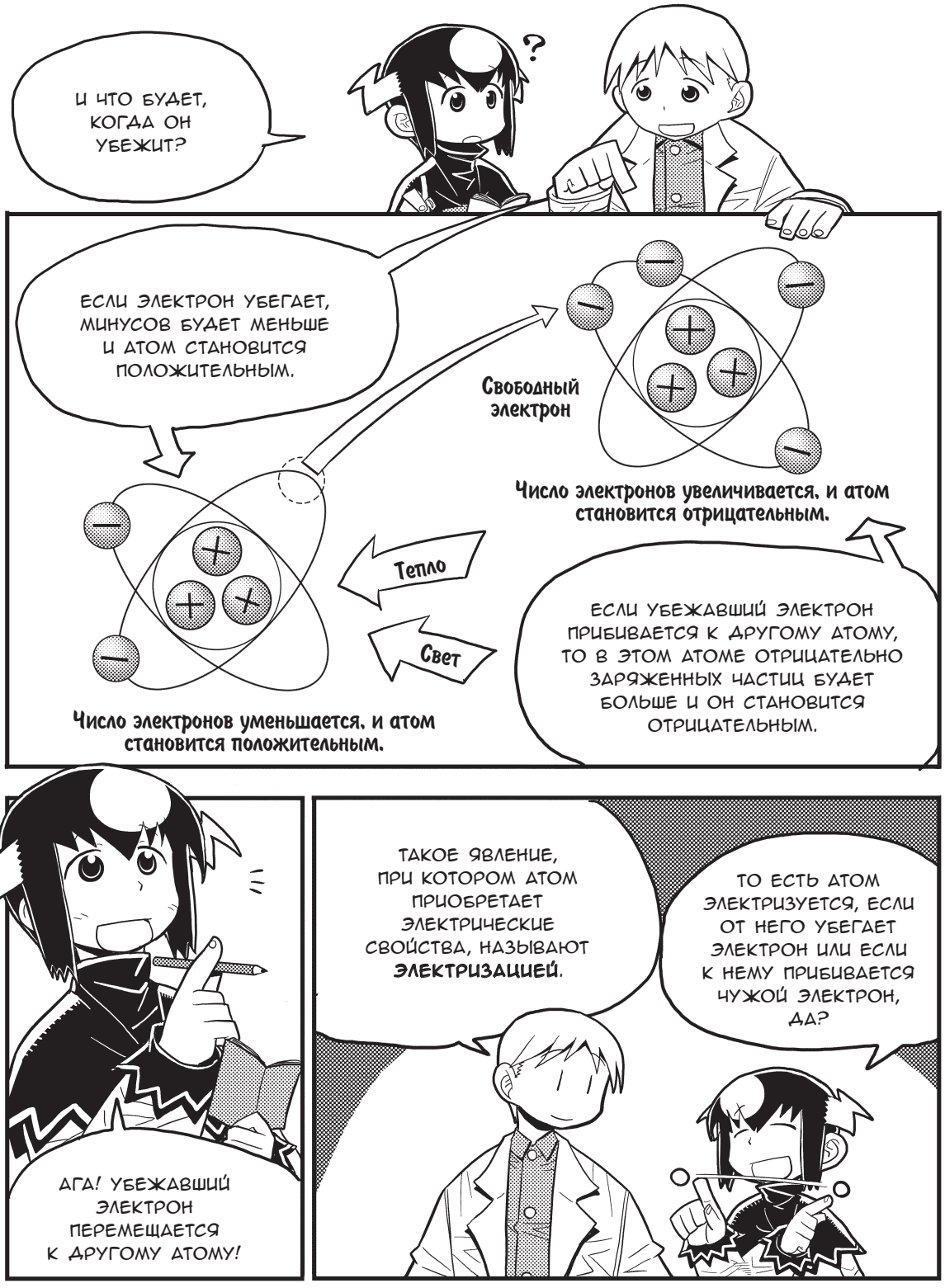
В ЦЕНТРЕ АТОМА НАХОДИТСЯ **ЯДРО**, А ВОКРУГ ЯДРА ВРАЩАЮТСЯ **ЭЛЕКТРОНЫ**.

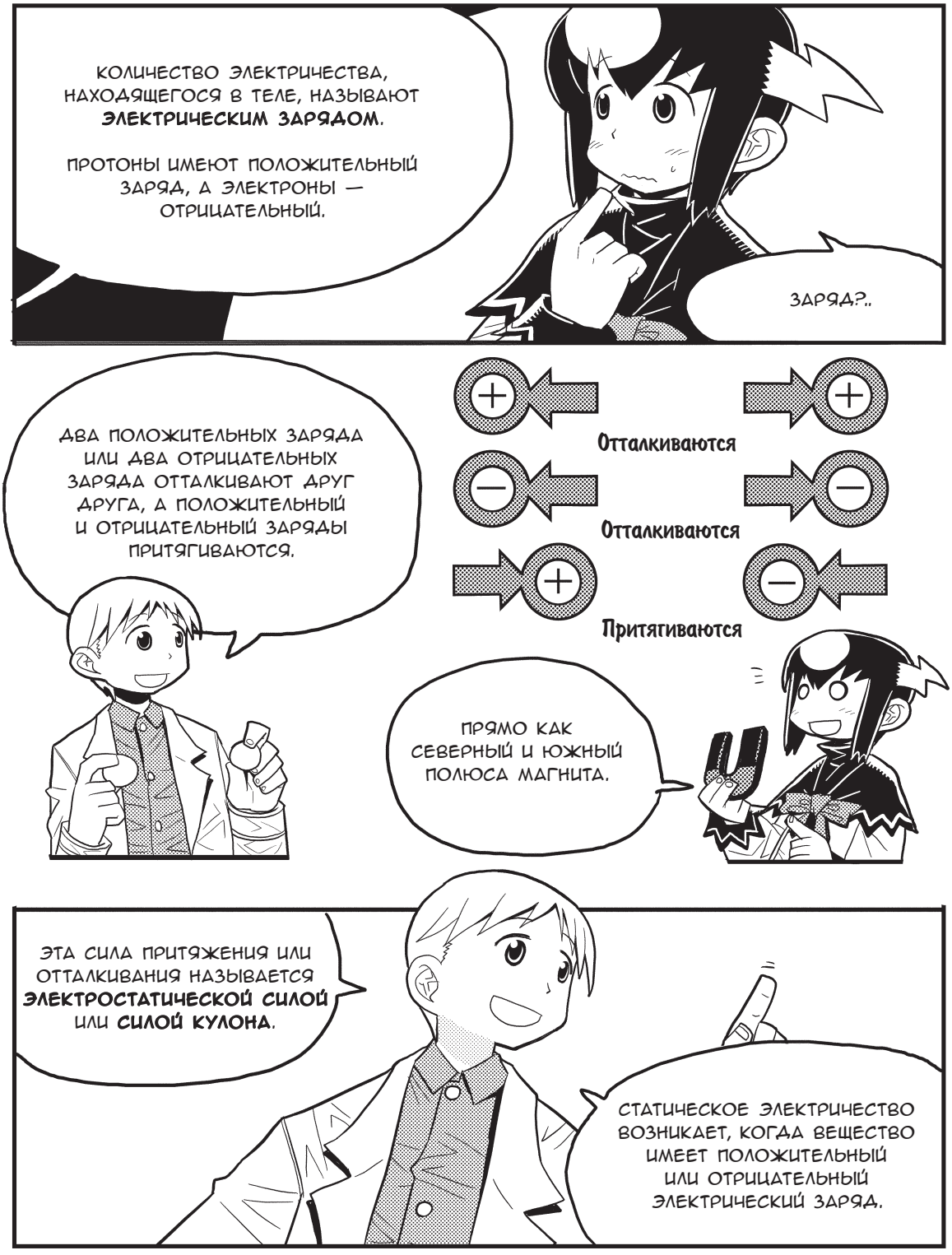
ВОТ ЭТИ-ТО ЧАСТИЦЫ, ЕЩЁ БОЛЕЕ МЕЛКИЕ, ЧЕМ АТОМ, СОЗДАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

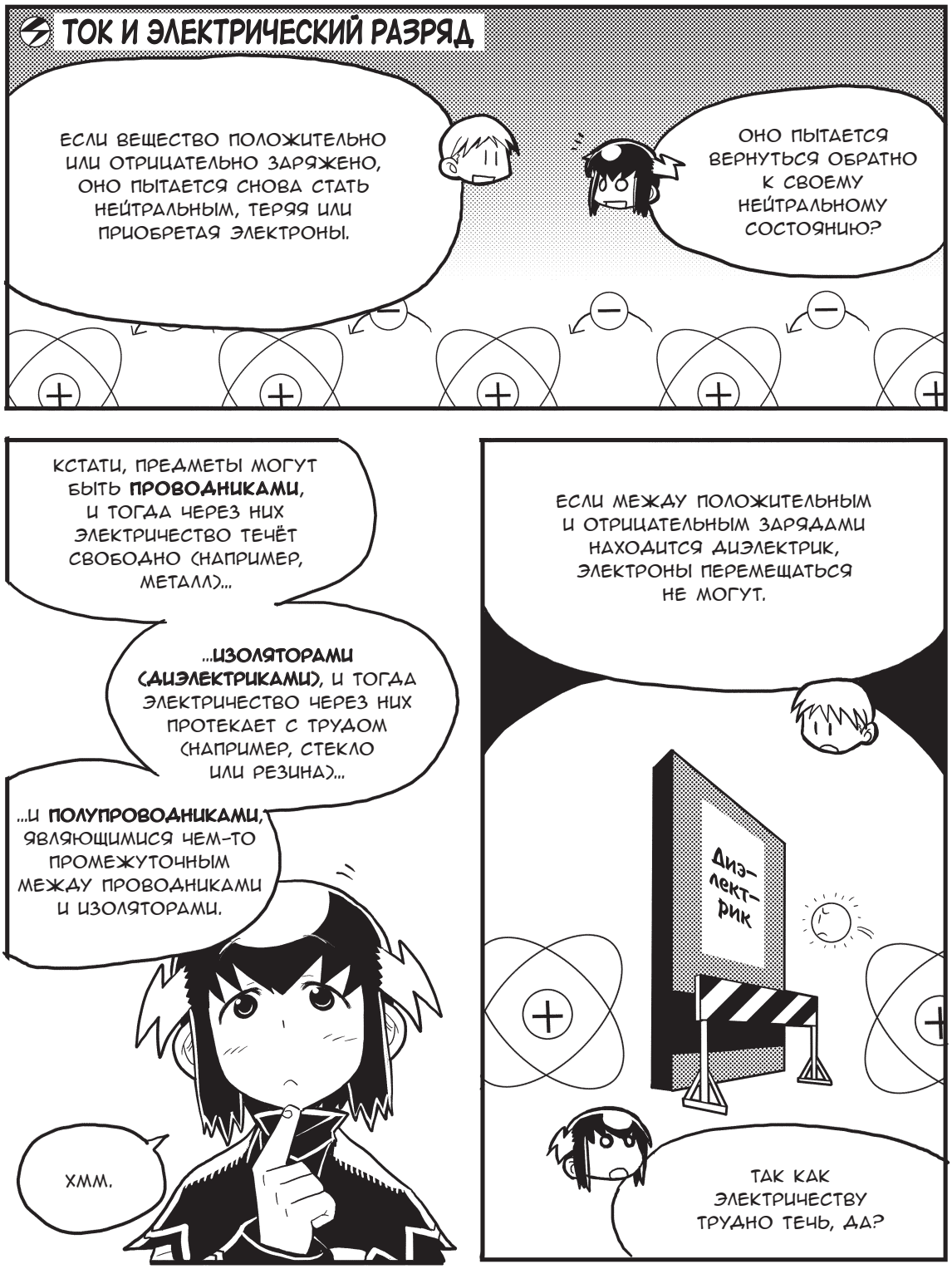
ЭТО МНЕ НАПОМИНАЕТ ВАШИ ПЛАНЕТЫ, ВРАЩАЮЩИЕСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА.

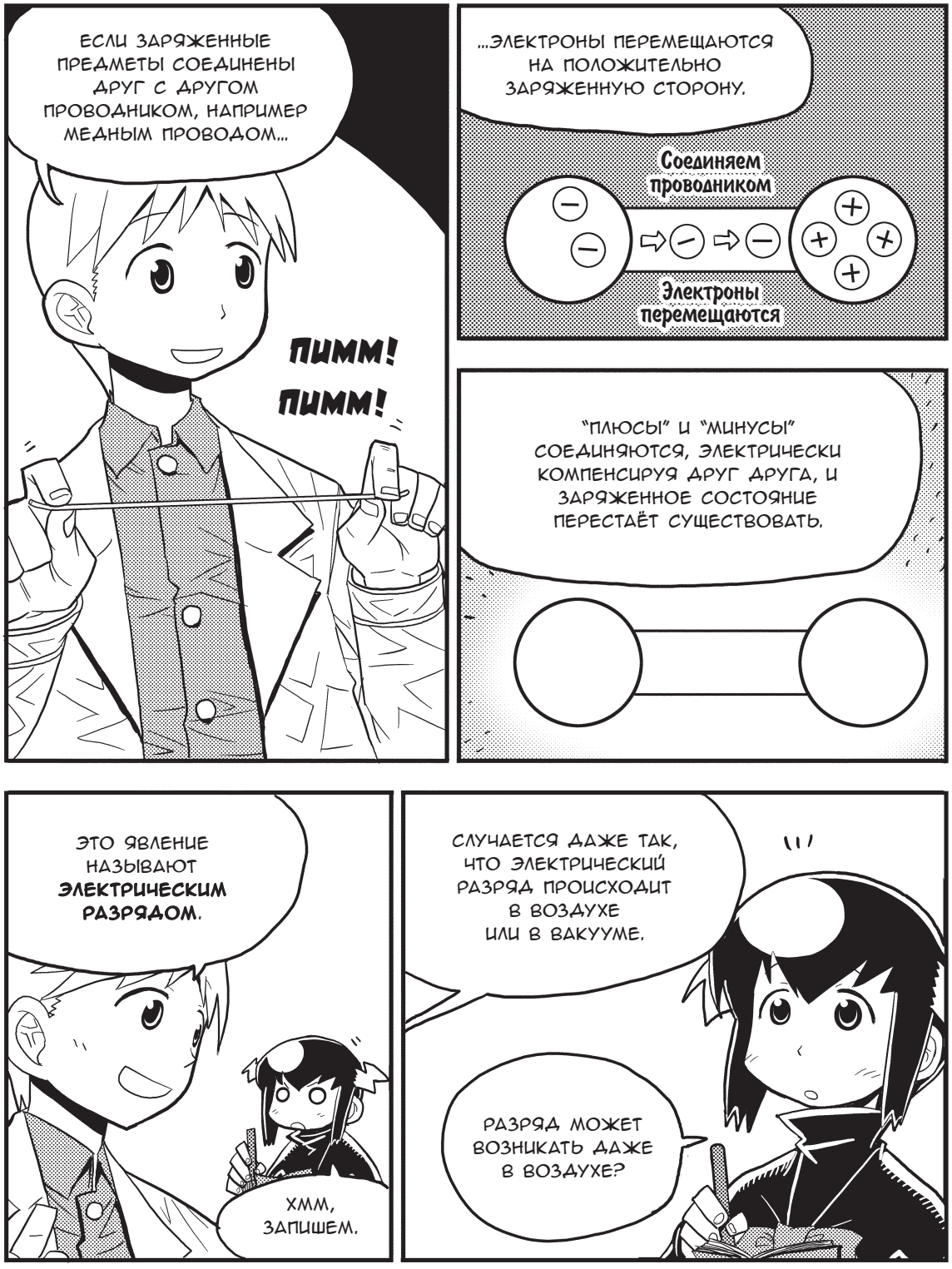
ОЧЕНЬ ПОХОЖЕ!


ДА!
ЯДРО, КОТОРОЕ НАПОМИНАЕТ НАМ СОЛНЦЕ, СОСТОИТ ИЗ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПРОТОНОВ И НЕЙТРАЛЬНЫХ НЕЙТРОНОВ.
Протон (+)
Нейтрон (нейтрален)
ЭЛЕКТРОНЫ, ВРАЩАЮЩИЕСЯ ВОКРУГ ЯДРА, — ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ.
Электрон (–)
А ЕСЛИ В АТОМЕ ЕСТЬ И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ, И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ, ТО САМ ОН КАКОЙ?
?
ТАК КАК ЧИСЛО ПРОТОНОВ ОБЫЧНО РАВНО ЧИСЛУ ЭЛЕКТРОНОВ, АТОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ НЕЙТРАЛЕН.
А ВОТ ЕСЛИ ИЗВНЕ НА АТОМ ВОЗДЕЙСТВУЕТ ТЕПЛО ИЛИ СВЕТ...
Тепло
Свет
О-ОП!
ЭЛЕКТРОН МОЖЕТ УБЕЖАТЬ ОТ АТОМА. ТАКОЙ ЭЛЕКТРОН НАЗЫВАЕТСЯ СВОБОДНЫМ.

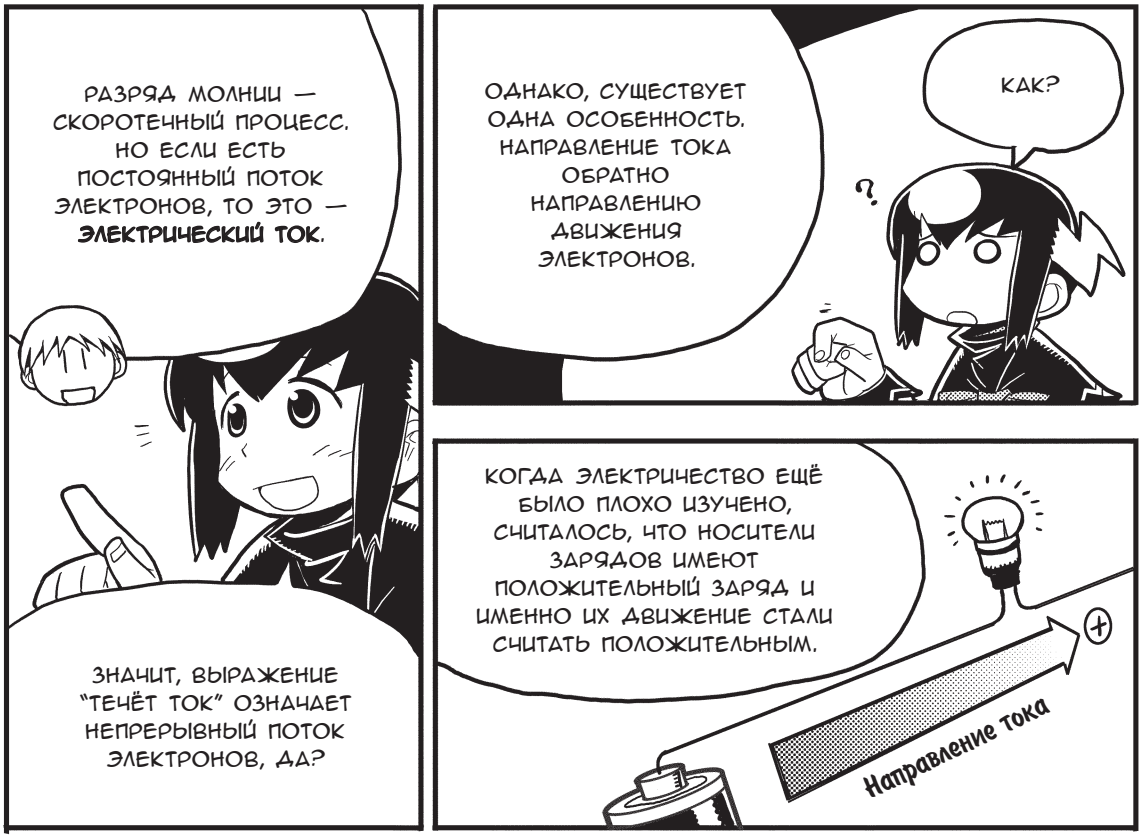

И ЧТО БУДЕТ, КОГДА ОН УБЕЖИТ?
?
ЕСЛИ ЭЛЕКТРОН УБЕГАЕТ, МИНУСОВ БУДЕТ МЕНЬШЕ И АТОМ СТАНОВИТСЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ.
Свободный электрон
Число электронов увеличивается, и атом становится отрицательным.
Тепло
Свет
Число электронов уменьшается, и атом становится положительным.
ЕСЛИ УБЕЖАВШИЙ ЭЛЕКТРОН ПРИБИВАЕТСЯ К ДРУГОМУ АТОМУ, ТО В ЭТОМ АТОМЕ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ БУДЕТ БОЛЬШЕ И ОН СТАНОВИТСЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ.
АГА! УБЕЖАВШИЙ ЭЛЕКТРОН ПЕРЕМЕЩАЕТСЯ К ДРУГОМУ АТОМУ!
ТАКОЕ ЯВЛЕНИЕ, ПРИ КОТОРОМ АТОМ ПРИОБРЕТАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, НАЗЫВАЮТ ЭЛЕКТРИЗАЦИЕЙ.
ТО ЕСТЬ АТОМ ЭЛЕКТРИЗУЕТСЯ, ЕСЛИ ОТ НЕГО УБЕГАЕТ ЭЛЕКТРОН ИЛИ ЕСЛИ К НЕМУ ПРИБИВАЕТСЯ ЧУЖОЙ ЭЛЕКТРОН, ДА?

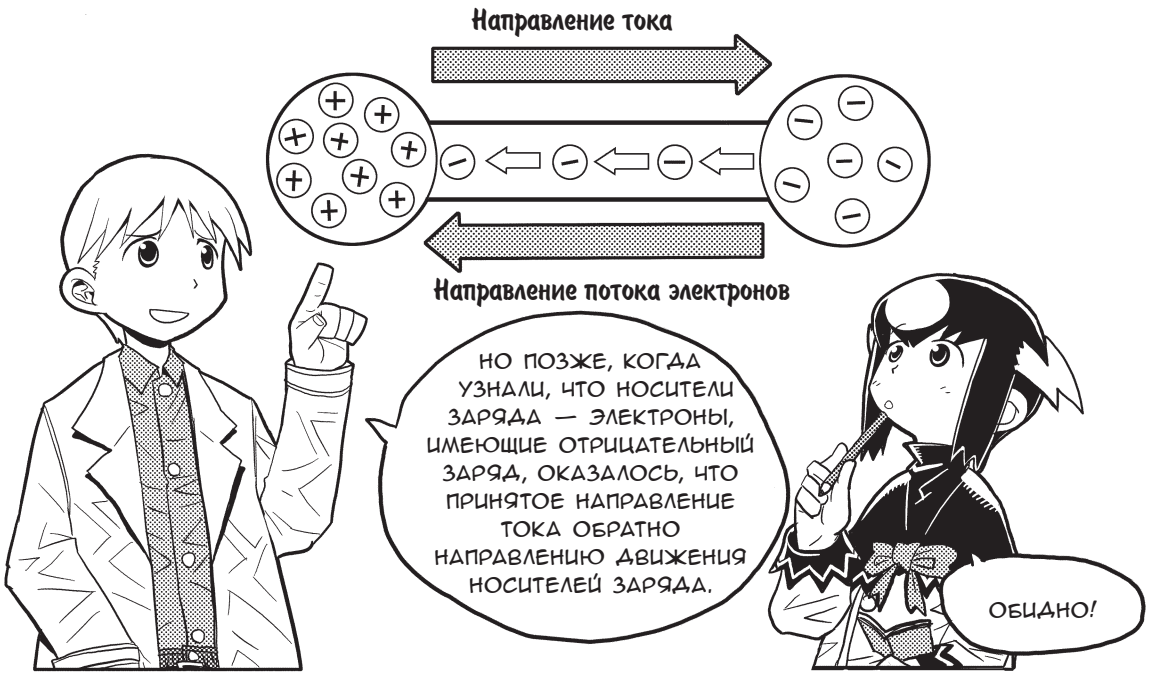

КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ТЕЛЕ, НАЗЫВАЮТ **ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗАРЯДОМ**.
ПРОТОНЫ ИМЕЮТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, А ЭЛЕКТРОНЫ — ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ.
ЗАРЯД?..
ДВА ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЗАРЯДА ИЛИ ДВА ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗАРЯДА ОТТАЛКИВАЮТ ДРУГ ДРУГА, А ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯДЫ ПРИТЯГИВАЮТСЯ.
Отталкиваются
Отталкиваются
Притягиваются
ПРЯМО КАК СЕВЕРНЫЙ И ЮЖНЫЙ ПОЛЮСА МАГНИТА.
ЭТА СИЛА ПРИТЯЖЕНИЯ ИЛИ ОТТАЛКИВАНИЯ НАЗЫВАЕТСЯ **ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СИЛОЙ** ИЛИ **СИЛОЙ КУЛОНА**.
СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВОЗНИКАЕТ, КОГДА ВЕЩЕСТВО ИМЕЕТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД.

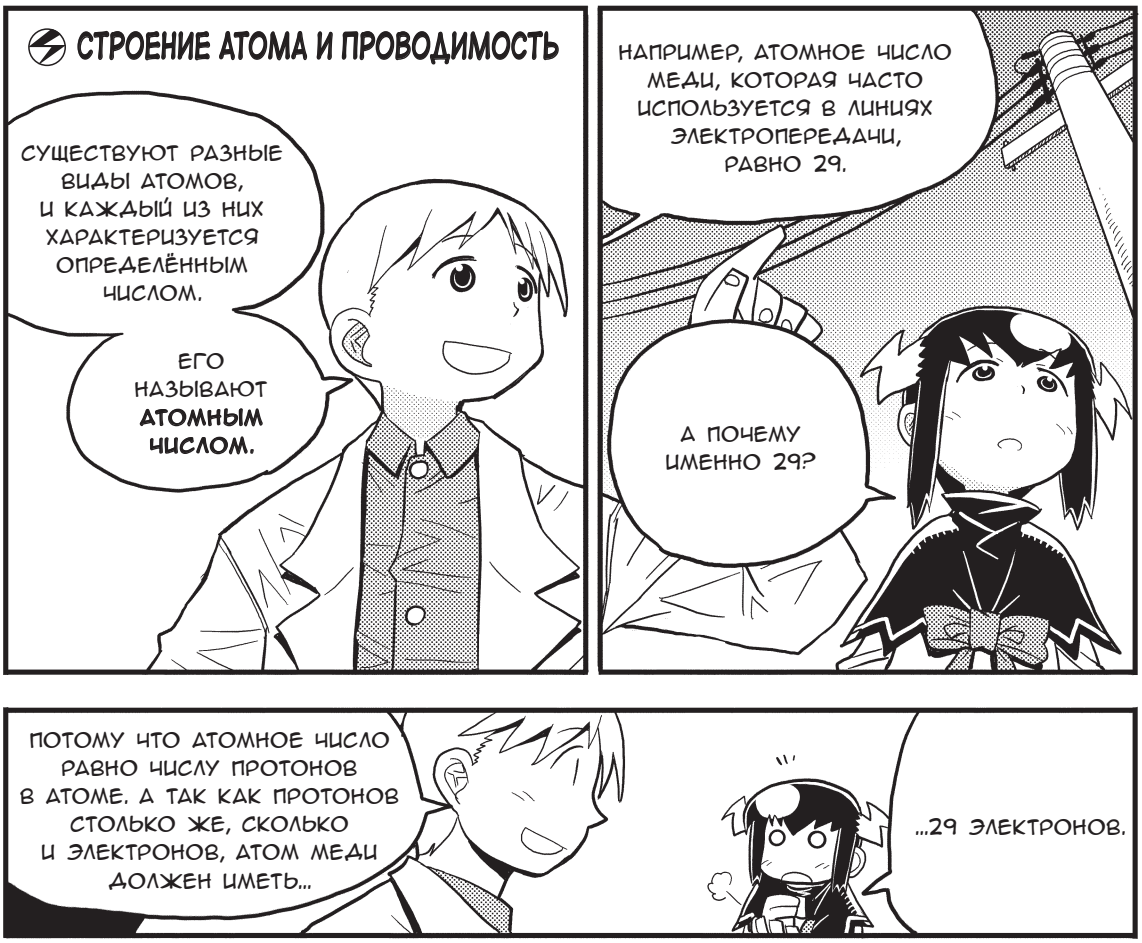

ТОК И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД
ЕСЛИ ВЕЩЕСТВО ПОЛОЖИТЕЛЬНО ИЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕНО, ОНО ПЫТАЕТСЯ СНОВА СТАТЬ НЕЙТРАЛЬНЫМ, ТЕРЯЯ ИЛИ ПРИОБРЕТАЯ ЭЛЕКТРОНЫ.
ОНО ПЫТАЕТСЯ ВЕРНУТЬСЯ ОБРАТНО К СВОЕМУ НЕЙТРАЛЬНОМУ СОСТОЯНИЮ?
КСТАТИ, ПРЕДМЕТЫ МОГУТ БЫТЬ ПРОВОДНИКАМИ, И ТОГДА ЧЕРЕЗ НИХ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТЕЧЁТ СВОБОДНО (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.
Диэ-лект-рик
ТАК КАК ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ ТРУДНО ТЕЧЬ, ДА?

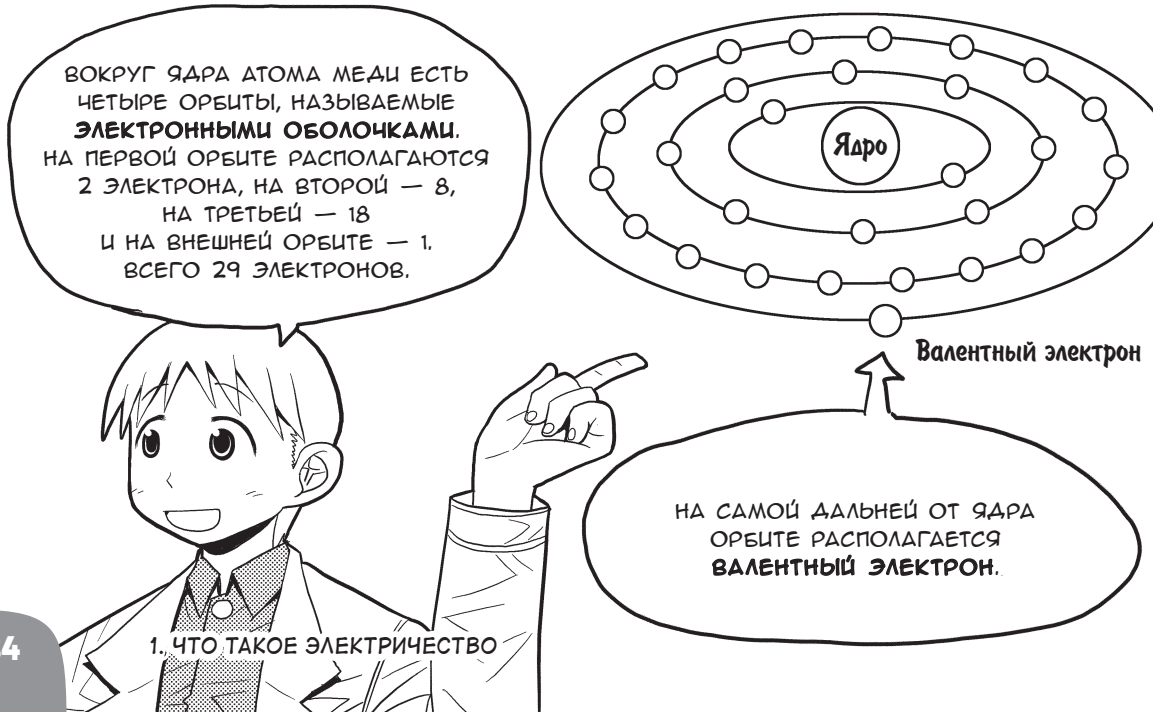

ЕСЛИ ЗАРЯЖЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ СОЕДИНЕНЫ ДРУГ С ДРУГОМ ПРОВОДНИКОМ, НАПРИМЕР МЕДНЫМ ПРОВОДОМ...
ПИММ!
ПИММ!
...ЭЛЕКТРОНЫ ПЕРЕМЕЩАЮТСЯ НА ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННУЮ СТОРОНУ.
Соединяем проводником
Электроны перемещаются
"ПЛЮСЫ" И "МИНУСЫ" СОЕДИНЯЮТСЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИ КОМПЕНСИРУЯ ДРУГ ДРУГА, И ЗАРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРЕСТАЁТ СУЩЕСТВОВАТЬ.
ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РАЗРЯДОМ.
ХММ, ЗАПИШЕМ.
СЛУЧАЕТСЯ ДАЖЕ ТАК, ЧТО ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД ПРОИСХОДИТ В ВОЗДУХЕ ИЛИ В ВАКУУМЕ.
!!!
РАЗРЯД МОЖЕТ ВОЗНИКАТЬ ДАЖЕ В ВОЗДУХЕ?

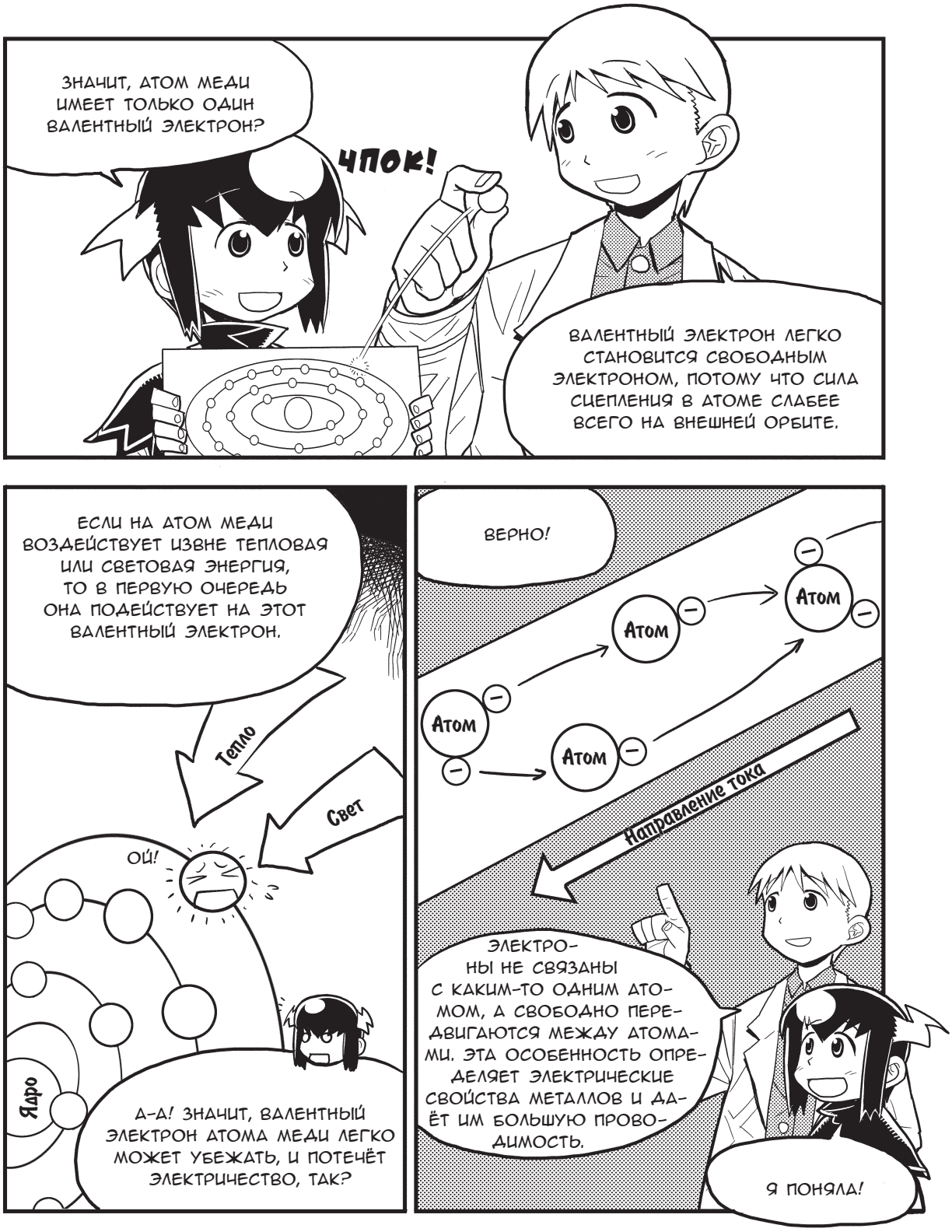
МОЛНИЯ — ХОРОШИЙ ПРИМЕР! ОНА ВОЗНИКАЕТ, КОГДА В ОБЛАКАХ МЕЛЬЧАЙШИЕ КАПЛИ ВОДЫ ТРУТСЯ ДРУГ О ДРУГА, И ВЫРАБАТЫВАЕМОЕ ТАКИМ ОБРАЗОМ СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО РАЗРЯЖАЕТСЯ НА ЗЕМЛЮ.
ВОТ ЭТО РАЗРЯДИК!
Льдинки и градинки в грозовом облаке сталкиваются друг с другом, накапливая электрический заряд.
Электрический разряд происходит в виде молнии или внутри облака, или между облаком и землёй.
ТАК КАК ВОЗДУХ — ИЗОЛЯТОР, ПРОИЗОЙТИ РАЗРЯДУ НЕПРОСТО.
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! ПРАВДА, НА ОЧЕНЬ КОРОТКОЕ ВРЕМЯ.


РАЗРЯД МОЛНИИ — СКОРОТЕЧНЫЙ ПРОЦЕСС. НО ЕСЛИ ЕСТЬ ПОСТОЯННЫЙ ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ, ТО ЭТО — ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.
ЗНАЧИТ, ВЫРАЖЕНИЕ "ТЕЧЁТ ТОК" ОЗНАЧАЕТ НЕПРЕРЫВНЫЙ ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ, ДА?
ОДНАКО, СУЩЕСТВУЕТ ОДНА ОСОБЕННОСТЬ. НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА ОБРАТНО НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ.
КАК?
?
КОГДА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЕЩЁ БЫЛО ПЛОХО ИЗУЧЕНО, СЧИТАЛОСЬ, ЧТО НОСИТЕЛИ ЗАРЯДОВ ИМЕЮТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД И ИМЕННО ИХ ДВИЖЕНИЕ СТАЛИ СЧИТАТЬ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ.
+
Направление тока

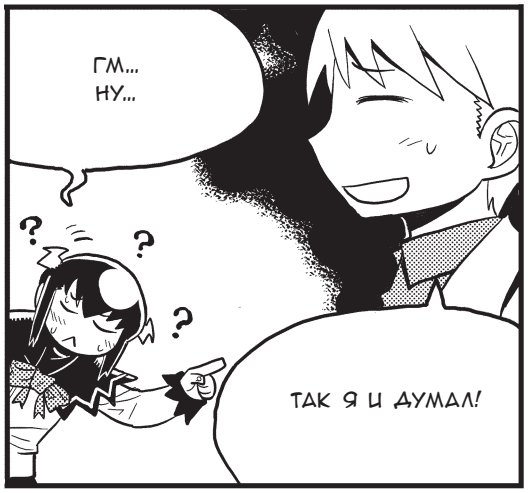

Направление тока
Направление потока электронов
НО ПОЗЖЕ, КОГДА УЗНАЛИ, ЧТО НОСИТЕЛИ ЗАРЯДА — ЭЛЕКТРОНЫ, ИМЕЮЩИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, ОКАЗАЛОСЬ, ЧТО ПРИНЯТОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА ОБРАТНО НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА.
ОБИДНО!


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.
Ядро
Валентный электрон
НА САМОЙ ДАЛЬНЕЙ ОТ ЯДРА ОРБИТЕ РАСПОЛАГАЕТСЯ **ВАЛЕНТНЫЙ ЭЛЕКТРОН**.

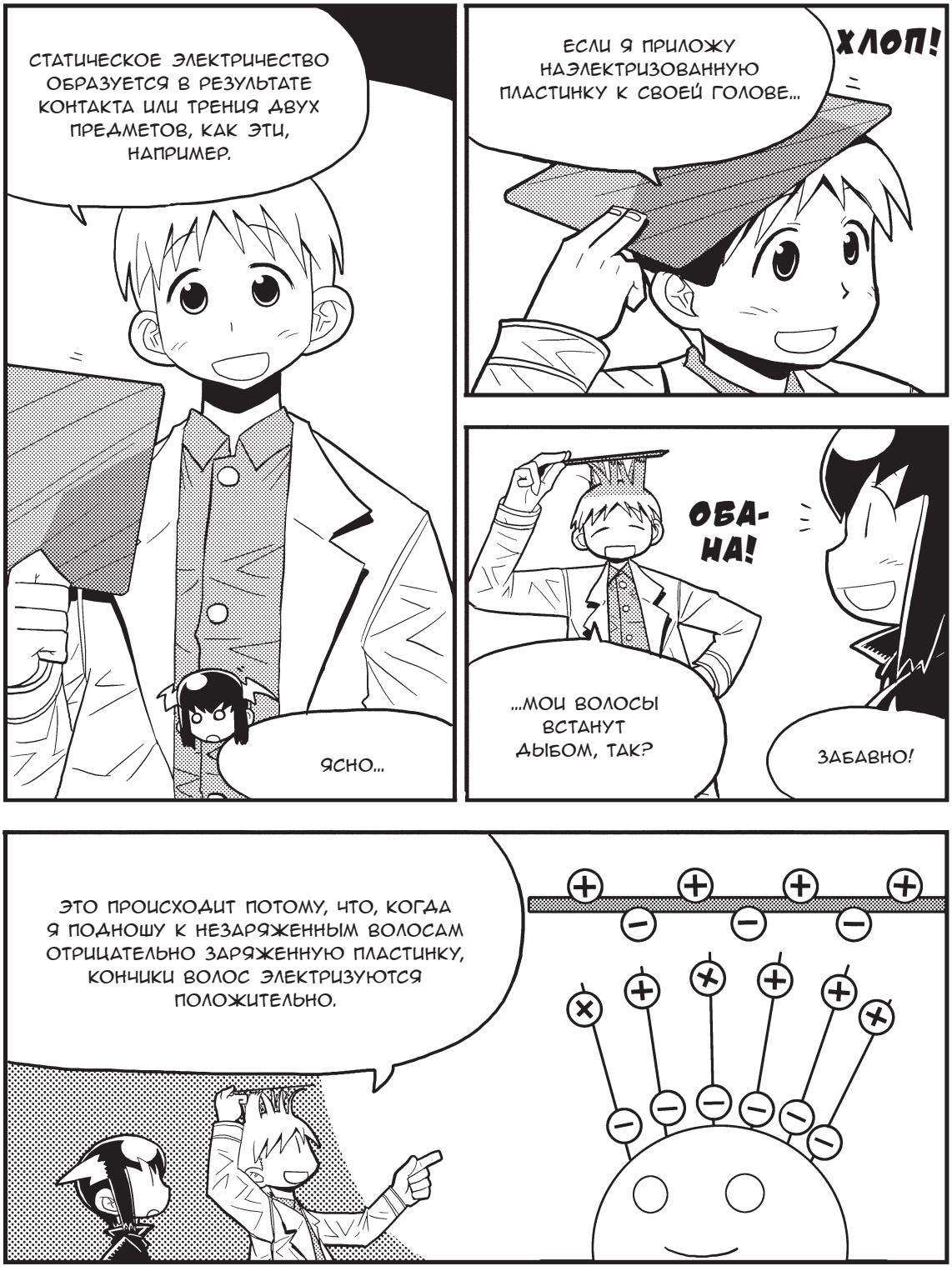

Значит, атом меди имеет только один валентный электрон?
Чпок!
Валентный электрон легко становится свободным электроном, потому что сила сцепления в атоме слабее всего на внешней орбите.
Если на атом меди воздействует извне тепловая или световая энергия, то в первую очередь она подействует на этот валентный электрон.
Тепло
Свет
Ой!
Ядро
А-а! Значит, валентный электрон атома меди легко может убежать, и потечёт электричество, так?
Верно!
Атом
Атом
Атом
Атом
Направление тока
Электроны не связаны с каким-то одним атомом, а свободно передвигаются между атомами. Эта особенность определяет электрические свойства металлов и даёт им большую проводимость.
Я поняла!

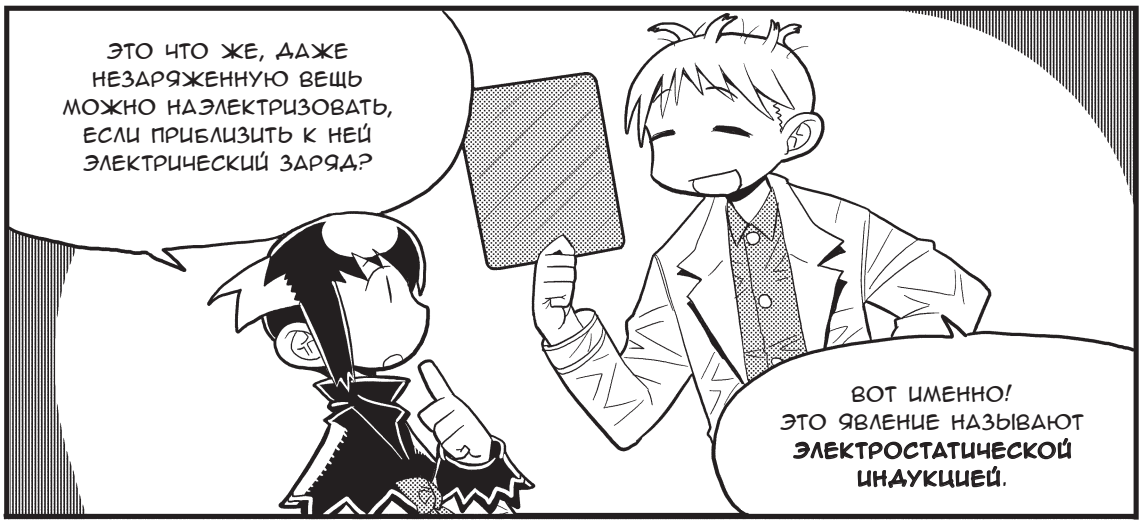
1.3. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВЫНУЖДАЕТ МЕНЯ...
УИПП!
О! ЭТО ЖЕ ВИНИЛОВАЯ ПЛАСТИНКА!
...СДЕЛАТЬ ЭТО!
ОЙ!
А-А-А!
ЕСЛИ ПОТЕРЕТЬ ЭТОЙ ВИНИЛОВОЙ ПЛАСТИНКОЙ ПО ВОЛОСАМ, ОНИ НАКОПЯТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, А ПЛАСТИНА СТАНЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕНА.
ТРЕНИЕ!
ТРЕНИЕ!
ЛАДНО, ЛАДНО, Я ПОНЯЛА!
ТВОИ ВОЛОСЫ И ПЛАСТИНКА ПОЛУЧИЛИ РАЗНЫЕ ЗАРЯДЫ В ТЕХ МЕСТАХ, ГДЕ ОНИ ТЁРЛИСЬ ДРУГ О ДРУГА, ПРИ ЭТОМ НА ОБРАТНОЙ СТОРОНЕ ПЛАСТИНКИ НАКОПИЛИСЬ ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ ПО ЗНАКУ ЗАРЯДЫ.
ЖУТЬ!

МЕДЛЕННО ПРИБЛИЖАЕМ
НУ ВОТ, ТЕПЕРЬ МОИ ВОЛОСЫ СТОЯТ ДЫБОМ...
ЭТО ЯВЛЕНИЕ ВОЗНИКАЕТ ИЗ-ЗА ТОГО, ЧТО ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, ОБРАЗОВАВШИЙСЯ У ТЕБЯ В ВОЛОСАХ, И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД НА ВИНИЛОВОЙ ПЛАСТИНКЕ ПРИТЯГИВАЮТСЯ ДРУГ К ДРУГУ. ТВОИ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫЕ ВОЛОСЫ К ТОМУ ЖЕ СТАРАЮТСЯ НЕ СОПРИКАСАТЬСЯ ДРУГ С ДРУГОМ.
ЖУТЬ КАКАЯ-ТО!
ЧИСЛО ВОЗНИКШИХ ПРИ ЭТОМ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗАРЯДОВ БУДЕТ ОДИНАКОВЫМ.
ФИТЬ!
СКРЭБ-СКРЭБ
СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ПОЛУЧЕННОЕ ПРИ ТАКОМ ТРЕНИИ, ЕЩЁ НАЗЫВАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ ТРЕНИЯ ИЛИ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ.
ПОДХОДЯЩЕЕ НАЗВАНИЕ.

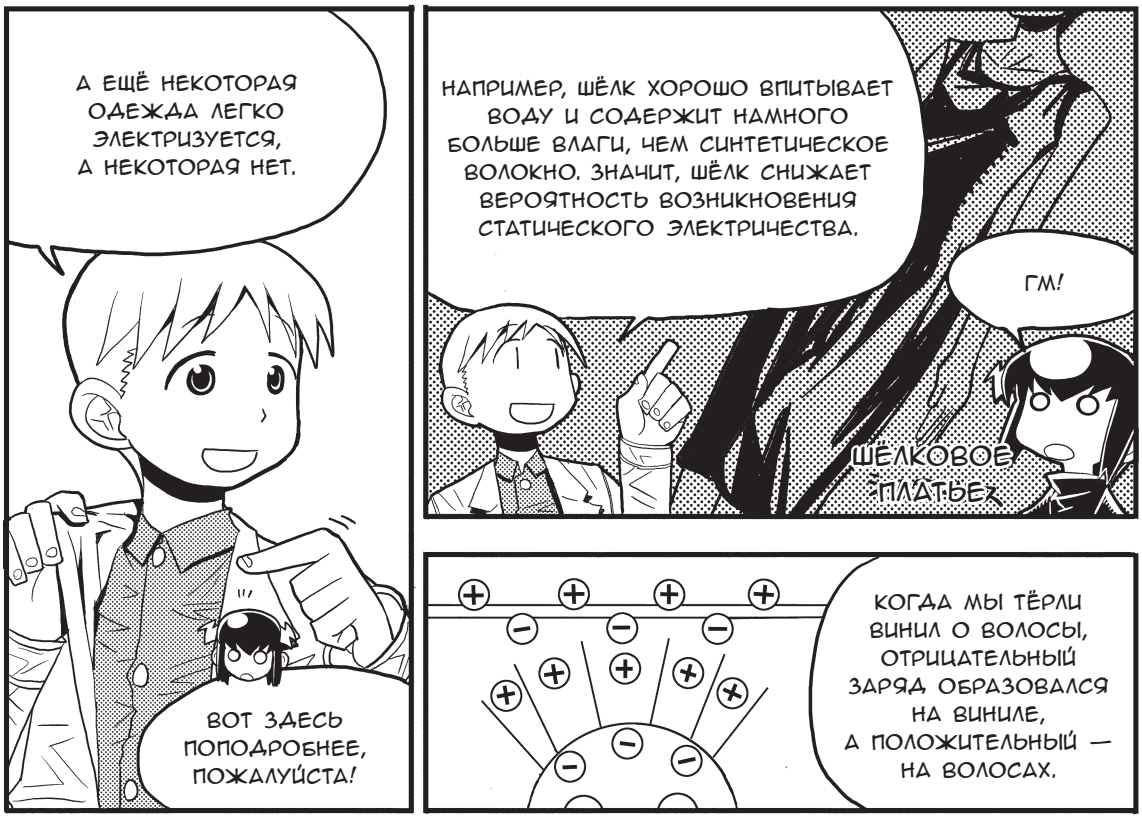

СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ОБРАЗУЕТСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ КОНТАКТА ИЛИ ТРЕНИЯ ДВУХ ПРЕДМЕТОВ, КАК ЭТИ, НАПРИМЕР.
ЯСНО...
ЕСЛИ Я ПРИЛОЖУ НАЭЛЕКТРИЗОВАННУЮ ПЛАСТИНКУ К СВОЕЙ ГОЛОВЕ...
ХЛОП!
ОБА-НА!
...МОИ ВОЛОСЫ ВСТАНУТ ДЫБОМ, ТАК?
ЗАБАВНО!
ЭТО ПРОИСХОДИТ ПОТОМУ, ЧТО, КОГДА Я ПОДНОШУ К НЕЗАРЯЖЕННЫМ ВОЛОСАМ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННУЮ ПЛАСТИНКУ, КОНЧИКИ ВОЛОС ЭЛЕКТРИЗУЮТСЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО.

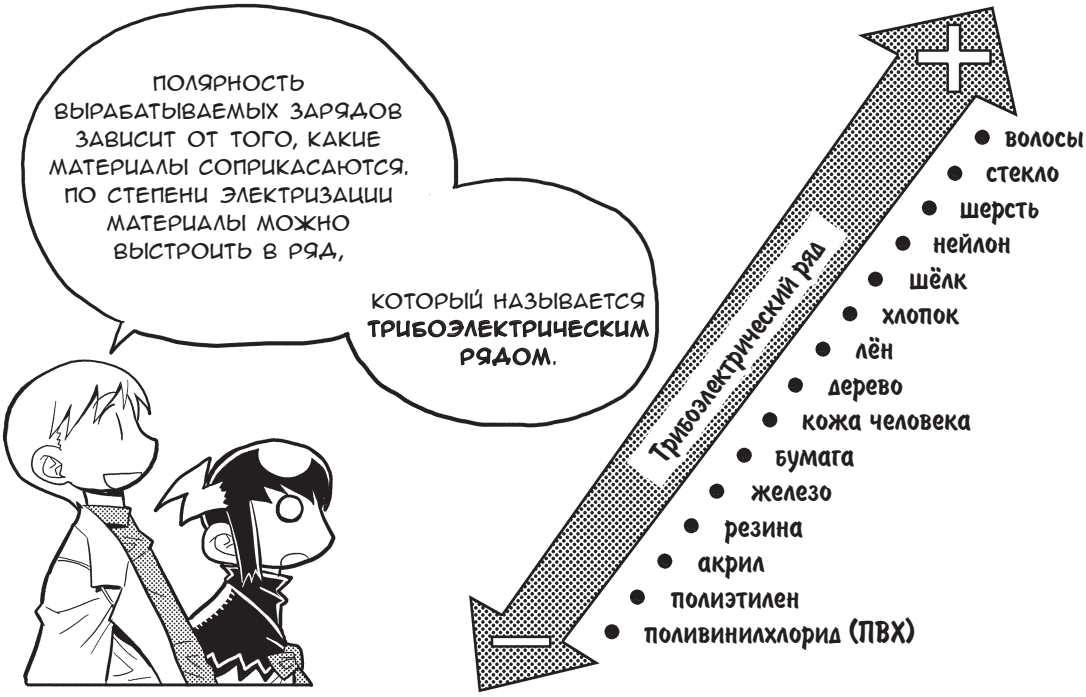

ЭТО ЧТО ЖЕ, ДАЖЕ НЕЗАРЯЖЕННУЮ ВЕЩЬ МОЖНО НАЭЛЕКТРИЗОВАТЬ, ЕСЛИ ПРИБЛИЗИТЬ К НЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД?
ВОТ ИМЕННО! ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЮТ **ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИЕЙ**.

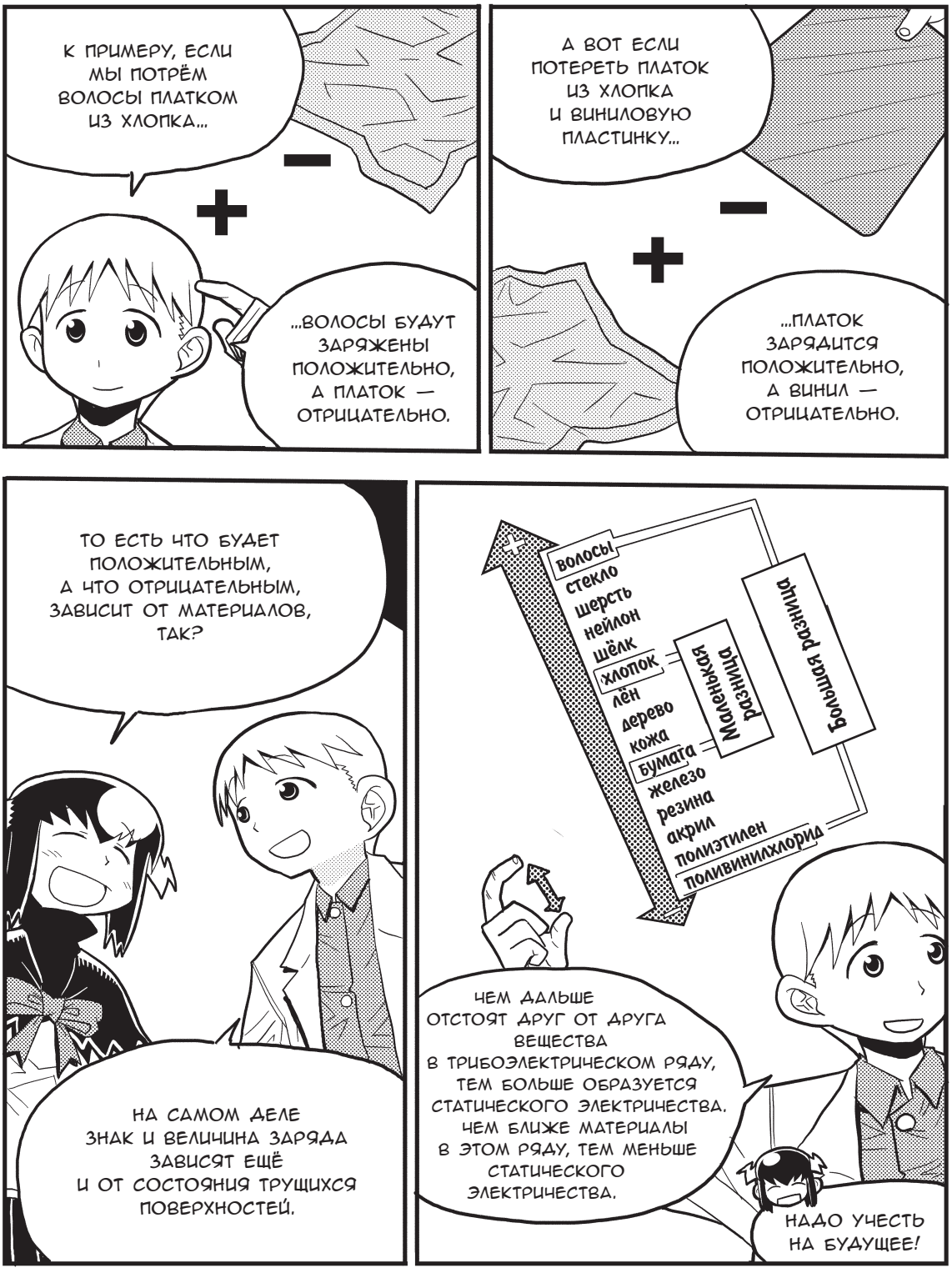
Трибоэлектрический ряд
ТАК КАК ЛЮДИ ХОДЯТ В ОДЕЖДЕ, ИХ ТЕЛА ТРУТСЯ ОБ ОДЕЖДУ, ВЫРАБАТЫВАЯ СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

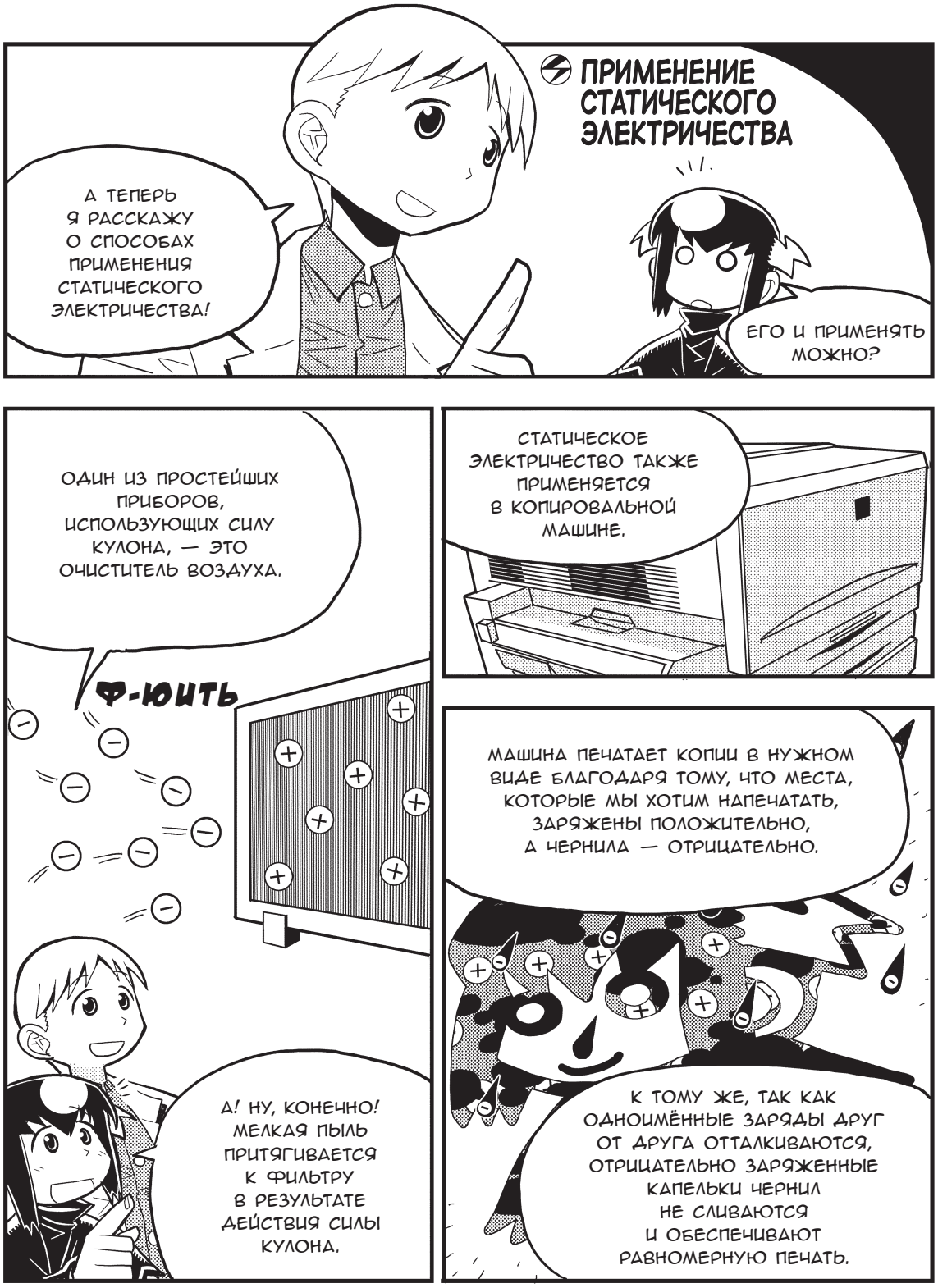
ОДНАКО НЕБОЛЬШИЕ УКОЛЫ ИЗ-ЗА РАЗРЯДА СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПРОИСХОДЯТ В ОСНОВНОМ ЗИМОЙ, ТАК?
БАЦ
БАЦ
ВЕРНО!

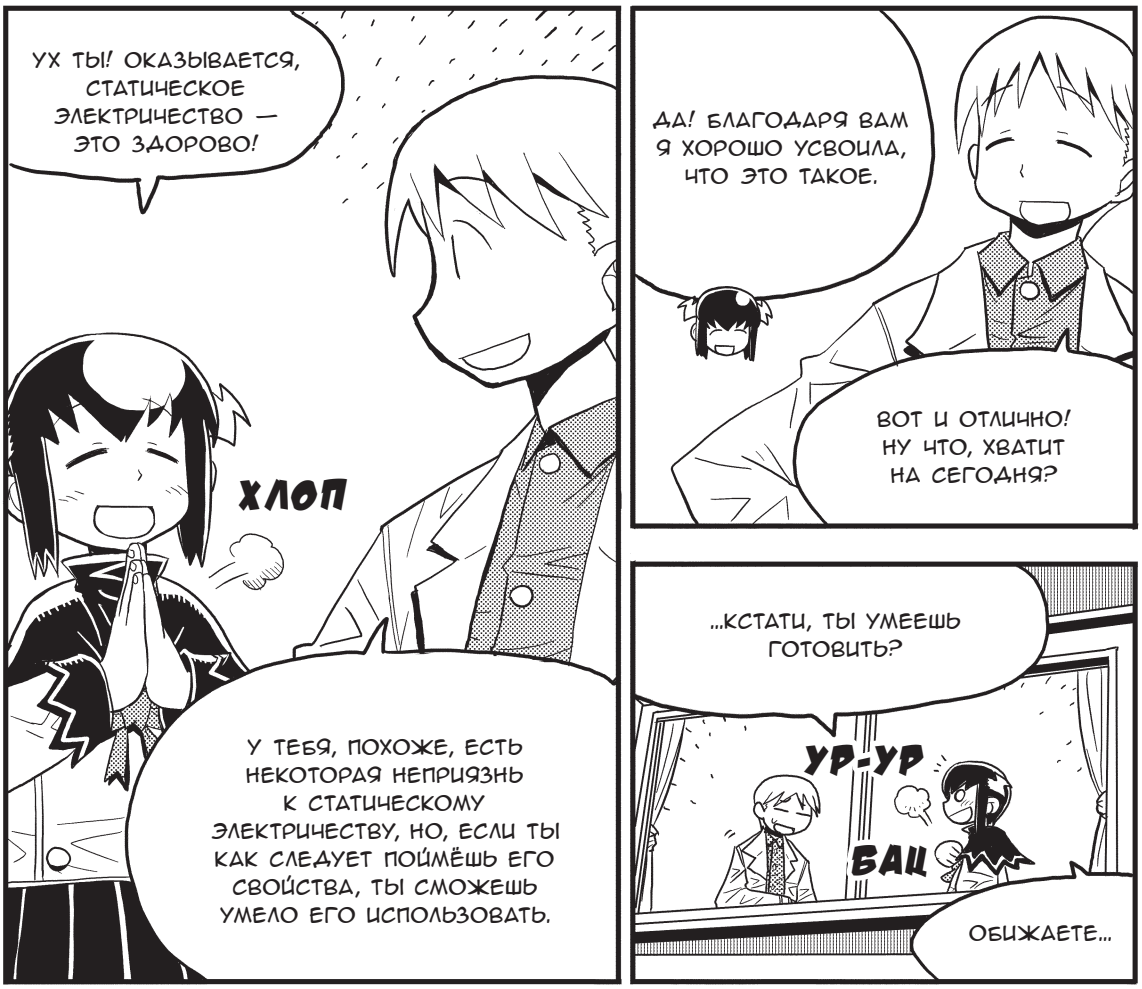
ЭТО ПОТОМУ, ЧТО СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЛЕГЧЕ ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ ПРИ СУХОЙ ПОГОДЕ, КОГДА ВЛАЖНОСТЬ НИЗКАЯ, — КАК ЗИМОЙ, НАПРИМЕР.
ДА... У МЕНЯ ЕЩЁ ГУБЫ СОХНУТ ЗИМОЙ.


А ЕЩЁ НЕКОТОРАЯ ОДЕЖДА ЛЕГКО ЭЛЕКТРИЗУЕТСЯ, А НЕКОТОРАЯ НЕТ.
ВОТ ЗДЕСЬ ПОПОДРОБНЕЕ, ПОЖАЛУЙСТА!
НАПРИМЕР, ШЁЛК ХОРОШО ВПИТЫВАЕТ ВОДУ И СОДЕРЖИТ НАМНОГО БОЛЬШЕ ВЛАГИ, ЧЕМ СИНТЕТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО. ЗНАЧИТ, ШЁЛК СНИЖАЕТ ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.
ГМ!
ШЁЛКОВОЕ ПЛАТЬЕ
КОГДА МЫ ТЁРЛИ ВИНИЛ О ВОЛОСЫ, ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД ОБРАЗОВАЛСЯ НА ВИНИЛЕ, А ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ — НА ВОЛОСАХ.


ПОЛЯРНОСТЬ ВЫРАБАТЫВАЕМЫХ ЗАРЯДОВ ЗАВИСИТ ОТ ТОГО, КАКИЕ МАТЕРИАЛЫ СОПРИКАСАЮТСЯ. ПО СТЕПЕНИ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЫ МОЖНО ВЫСТРОИТЬ В РЯД,
КОТОРЫЙ НАЗЫВАЕТСЯ **ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РЯДОМ**.
Триболектрический ряд
+
–
волосы
стекло
шерсть
нейлон
шёлк
хлопок
лён
дерево
кожа человека
бумага
железо
резина
акрил
полиэтилен
поливинилхлорид (ПВХ)


К ПРИМЕРУ, ЕСЛИ МЫ ПОТРЁМ ВОЛОСЫ ПЛАТКОМ ИЗ ХЛОПКА...
...ВОЛОСЫ БУДУТ ЗАРЯЖЕНЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНО, А ПЛАТОК — ОТРИЦАТЕЛЬНО.
А ВОТ ЕСЛИ ПОТЕРЕТЬ ПЛАТОК ИЗ ХЛОПКА И ВИНИЛОВУЮ ПЛАСТИНКУ...
...ПЛАТОК ЗАРЯДИТСЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО, А ВИНИЛ — ОТРИЦАТЕЛЬНО.
ТО ЕСТЬ ЧТО БУДЕТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ, А ЧТО ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ, ЗАВИСИТ ОТ МАТЕРИАЛОВ, ТАК?
НА САМОМ ДЕЛЕ ЗНАК И ВЕЛИЧИНА ЗАРЯДА ЗАВИСЯТ ЕЩЁ И ОТ СОСТОЯНИЯ ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.
волосы
стекло
шерсть
нейлон
шёлк
хлопок
лён
дерево
кожа
бумага
железо
резина
акрил
полиэтилен
поливинилхлорид
Маленькая разница
Большая разница
ЧЕМ ДАЛЬШЕ ОТСТОЯТ ДРУГ ОТ ДРУГА ВЕЩЕСТВА В ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РЯДУ, ТЕМ БОЛЬШЕ ОБРАЗУЕТСЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. ЧЕМ БЛИЖЕ МАТЕРИАЛЫ В ЭТОМ РЯДУ, ТЕМ МЕНЬШЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.
НАДО УЧЕСТЬ НА БУДУЩЕЕ!


ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА
А ТЕПЕРЬ Я РАССКАЖУ О СПОСОБАХ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА!
ЕГО И ПРИМЕНЯТЬ МОЖНО?
ОДИН ИЗ ПРОСТЕЙШИХ ПРИБОРОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СИЛУ КУЛОНА, — ЭТО ОЧИСТИТЕЛЬ ВОЗДУХА.
Ф-ЮИТЬ
А! НУ, КОНЕЧНО! МЕЛКАЯ ПЫЛЬ ПРИТЯГИВАЕТСЯ К ФИЛЬТРУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ СИЛЫ КУЛОНА.
СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТАКЖЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ В КОПИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЕ.
МАШИНА ПЕЧАТАЕТ КОПИИ В НУЖНОМ ВИДЕ БЛАГОДАРЯ ТОМУ, ЧТО МЕСТА, КОТОРЫЕ МЫ ХОТИМ НАПЕЧАТАТЬ, ЗАРЯЖЕНЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНО, А ЧЕРНИЛА — ОТРИЦАТЕЛЬНО.
К ТОМУ ЖЕ, ТАК КАК ОДНОИМЁННЫЕ ЗАРЯДЫ ДРУГ ОТ ДРУГА ОТТАЛКИВАЮТСЯ, ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫЕ КАПЕЛЬКИ ЧЕРНИЛ НЕ СЛИВАЮТСЯ И ОБЕСПЕЧИВАЮТ РАВНОМЕРНУЮ ПЕЧАТЬ.

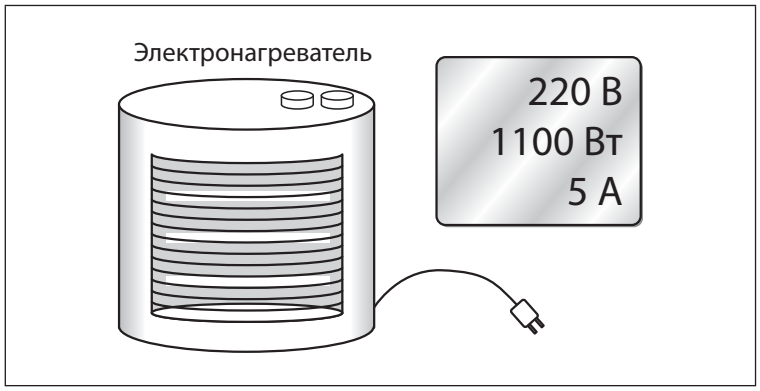

УХ ТЫ! ОКАЗЫВАЕТСЯ, СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО — ЭТО ЗДОРОВО!
ХЛОП
У ТЕБЯ, ПОХОЖЕ, ЕСТЬ НЕКОТОРАЯ НЕПРИЯЗНЬ К СТАТИЧЕСКОМУ ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ, НО, ЕСЛИ ТЫ КАК СЛЕДУЕТ ПОЙМЁШЬ ЕГО СВОЙСТВА, ТЫ СМОЖЕШЬ УМЕЛО ЕГО ИСПОЛЬЗОВАТЬ.
ДА! БЛАГОДАРЯ ВАМ Я ХОРОШО УСВОИЛА, ЧТО ЭТО ТАКОЕ.
ВОТ И ОТЛИЧНО! НУ ЧТО, ХВАТИТ НА СЕГОДНЯ?
...КСТАТИ, ТЫ УМЕЕШЬ ГОТОВИТЬ?
УР-УР
БАЦ
ОБИЖАЕТЕ...

ОСОБЕННО МНЕ УДАЮТСЯ ТОНКИЛАС ДОНБУРИ И ОБЖАРКА ХЁМО-ХЁМО.
ТОП-ТОП
(БЕГОМ НА КУХНЮ...)
А ЭТО ЧТО, ЕДА ТАКАЯ?!

1.Ч. 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 Вольта, 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 В × 5 А = 1100 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:

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

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

Для электроприбора на 220 В $I = \frac{2200\ [\text{Вт}]}{220\ [\text{В}]} = 10\ [\text{А}]$ 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 кВт × 1 ч = 1 кВт·ч.

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

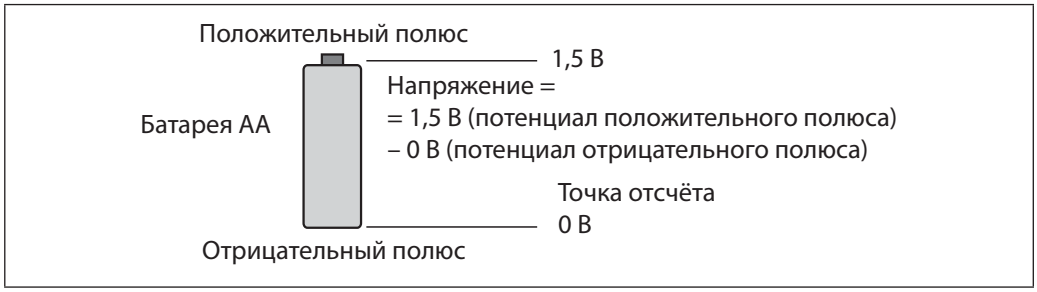
1000 Вт можно записать в виде 1 кВт, так как буква «к», стоящая перед Вт, обозначает слово *кило* и заменяет число 1000 или 10^3. Но можно использовать и другие приставки: 3 600 000 джоулей (Дж) равно 3,6 мегаджоулей (3,6 МДж). Такие приставки для разных чисел, кратных 10, называются *приставками системы 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	междунар.		
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

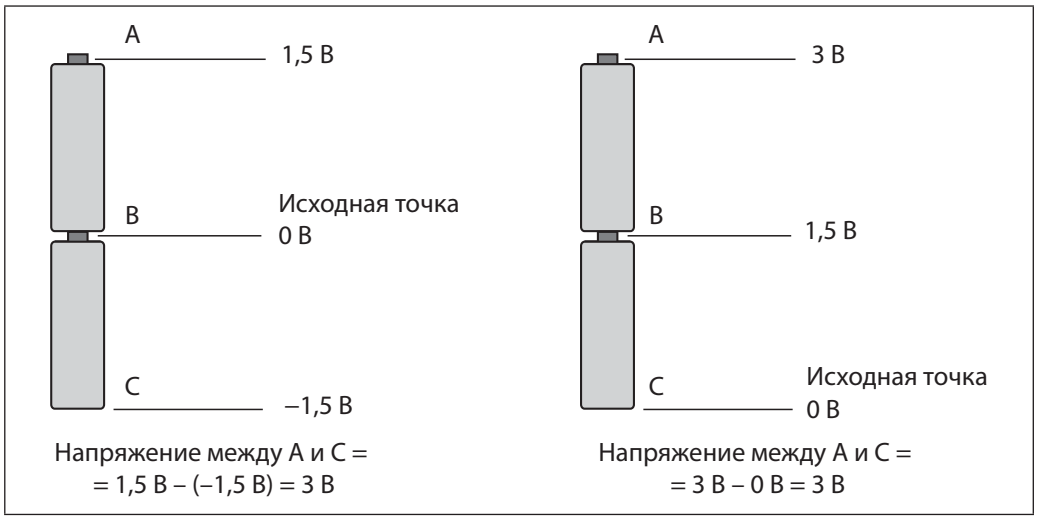
Электричество течёт от точки с высоким потенциалом к точке с низким потенциалом. Разность потенциалов между двумя точками называется *напряжением*. Рассмотрим батарею AA. Пусть отрицательный полюс будет исходной точкой, тогда потенциал отрицательного полюса равен 0 В, а потенциал положительного полюса 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 B, потенциал точки A окажется равным 1,5 В, потенциал точки B — 0 В, а потенциал точки C — –1,5 В. Напряжение между точками A и C можно получить вычитанием потенциала точки C из потенциала точки A; напряжение в этом случае равно 3 В. Если за исходную точку принять точку C, её потенциал будет равен 0 В, потенциал точки B — 1,5 В, а потенциал точки A — 3 В. Напряжение по-прежнему останется 3 В.

Чем больше разность электрических потенциалов, тем выше напряжение.



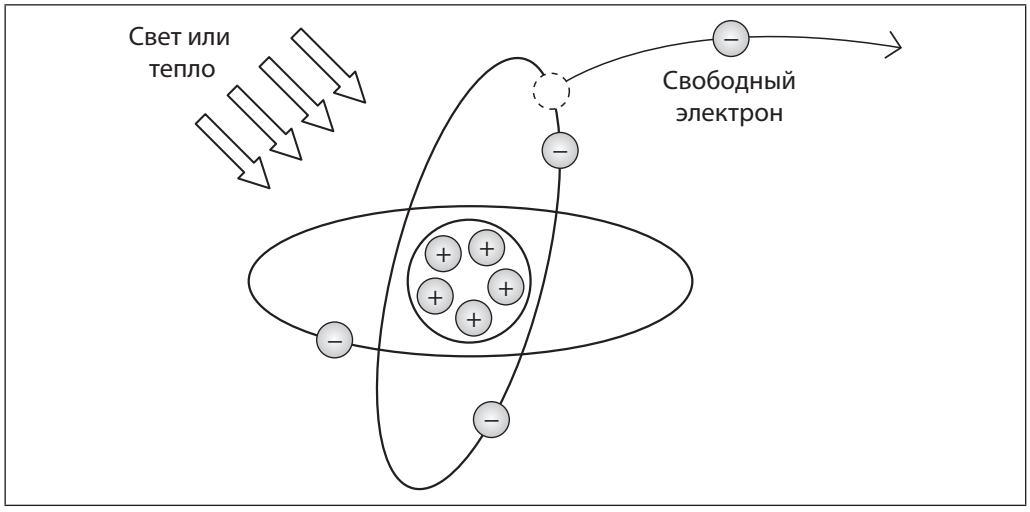
Напряжение при последовательном включении двух батарей.

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



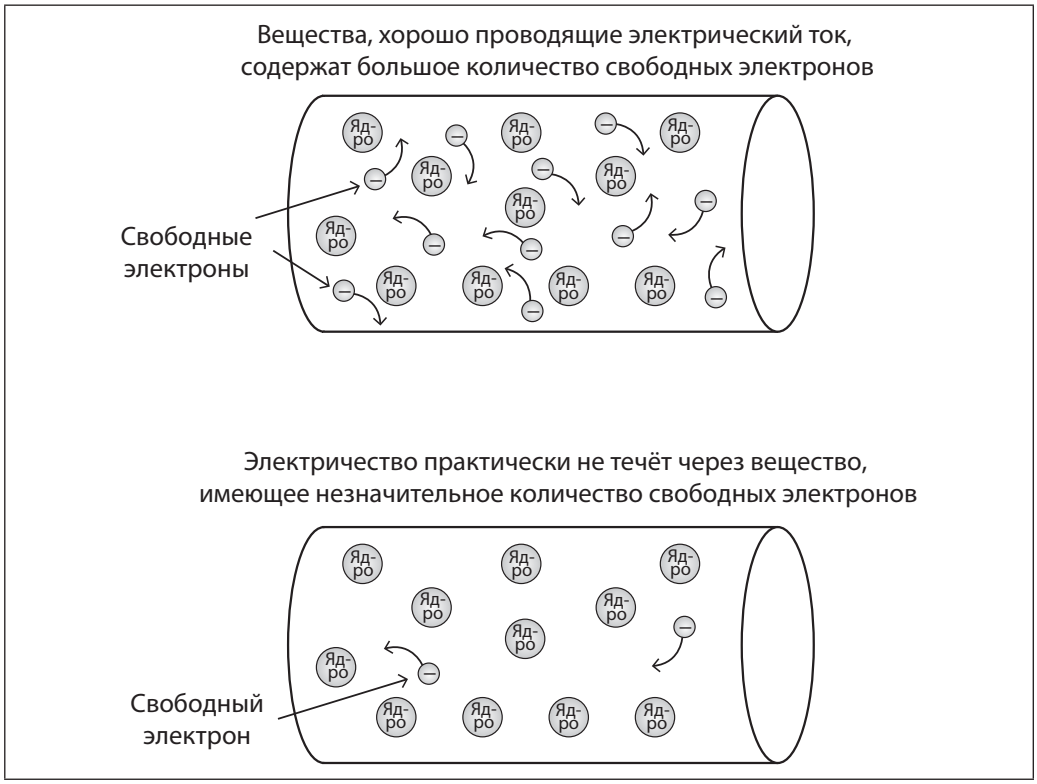
Сход электрона с внешней оболочки.

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*.

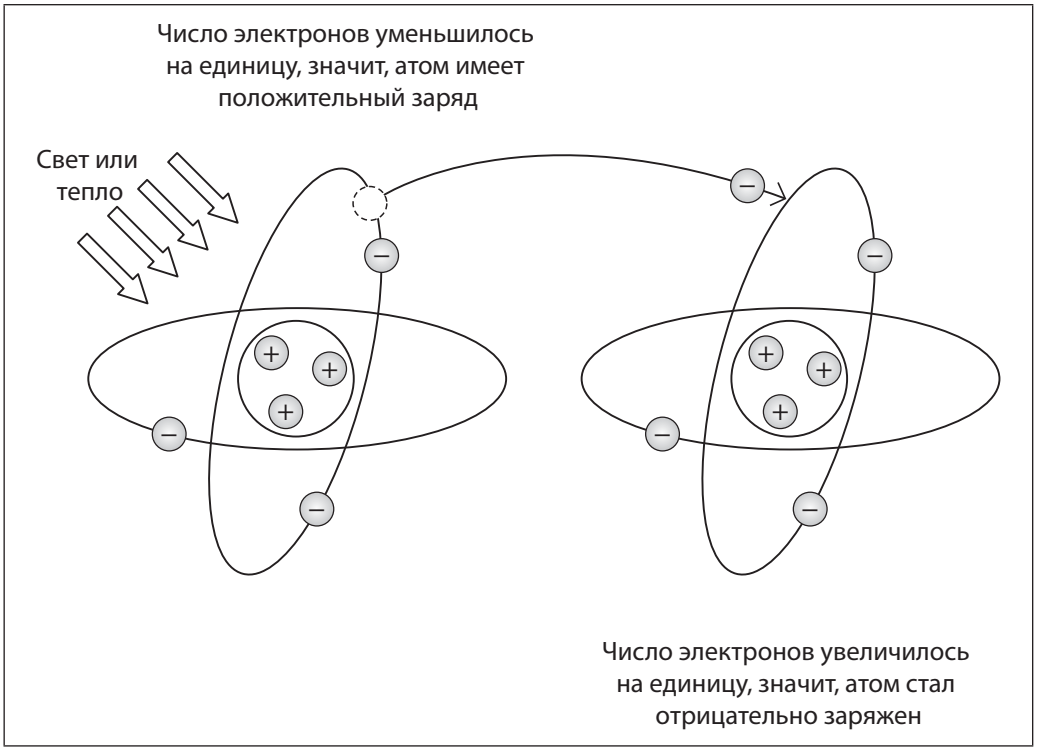
Общее количество электронов в атоме равно *атомному числу* этого атома. Хотя есть много атомов с высокими атомными числами и большим количеством электронов, такие вещества не обязательно хорошо пропускают электричество, — это свойство зависит от числа свободных электронов.



Разные материалы имеют разное количество свободных электронов.

СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ

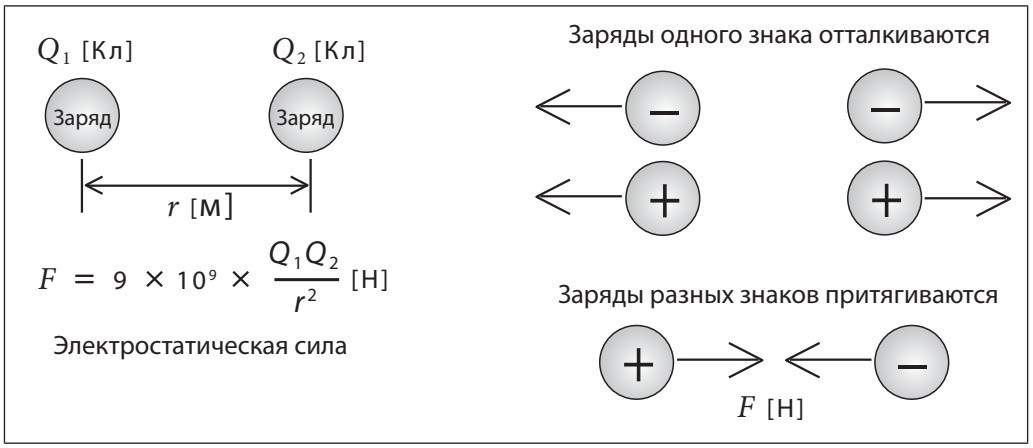
Когда поверхности двух веществ трутся друг о друга, их атомы сталкиваются, и слабо удерживаемые атомами электроны одного вещества могут сойти со своих орбит и перейти к атомам другого вещества. В этом случае вещество, утратившее электроны, становится положительно заряженным, а вещество, получившее электроны, — 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.



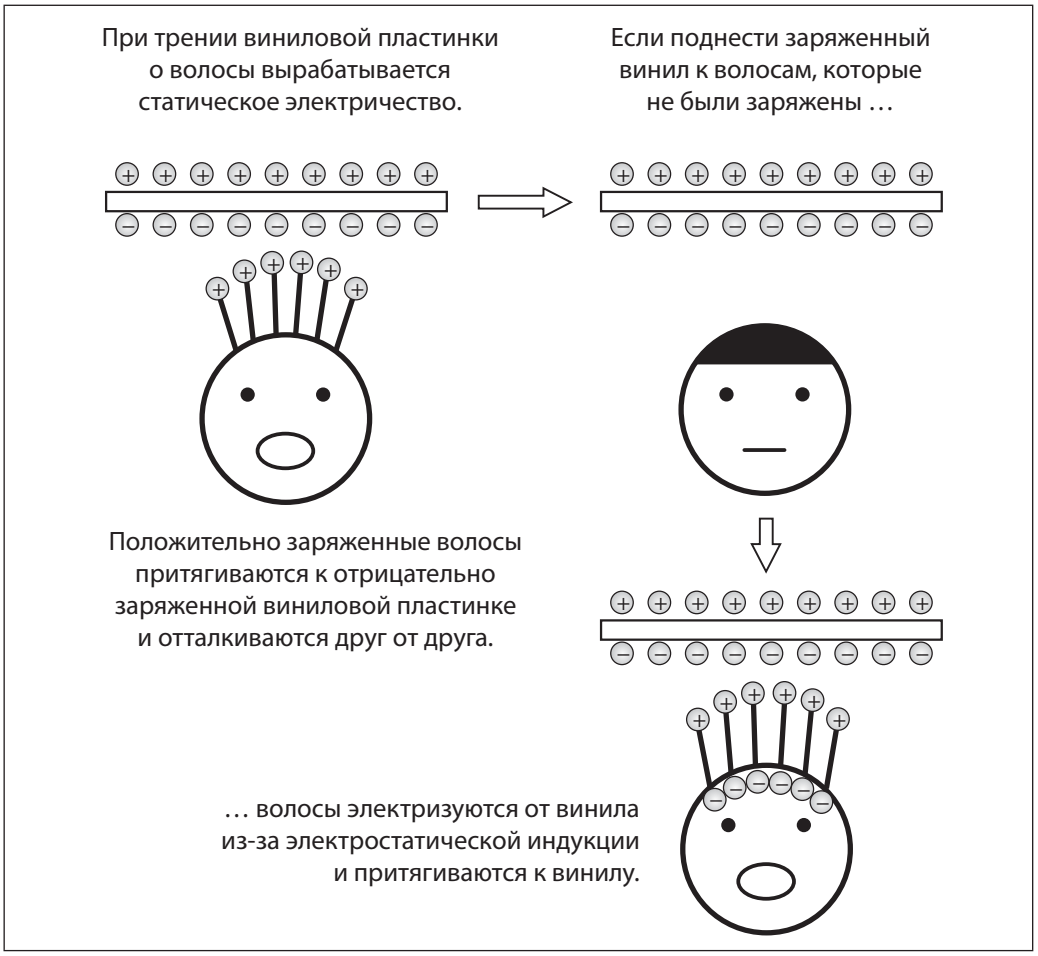
Электростатическая сила, действующая между зарядами, и закон Кулона.

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 получат 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*.

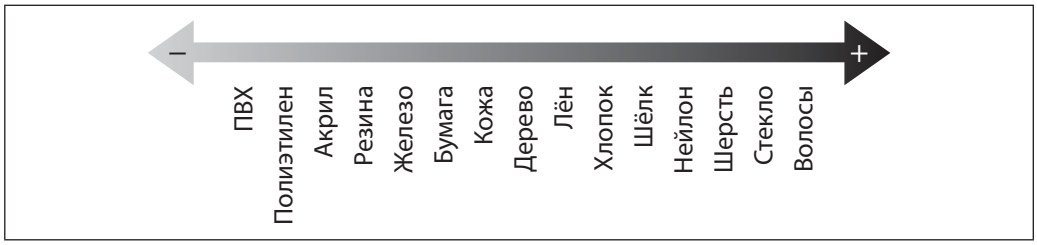


Электростатическая индукция.

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 получат 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.

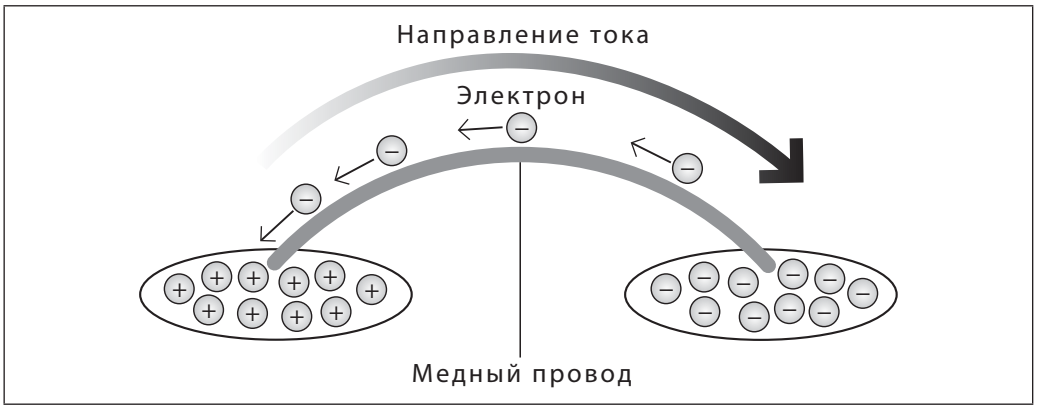
Движение заряда и направление тока

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*.

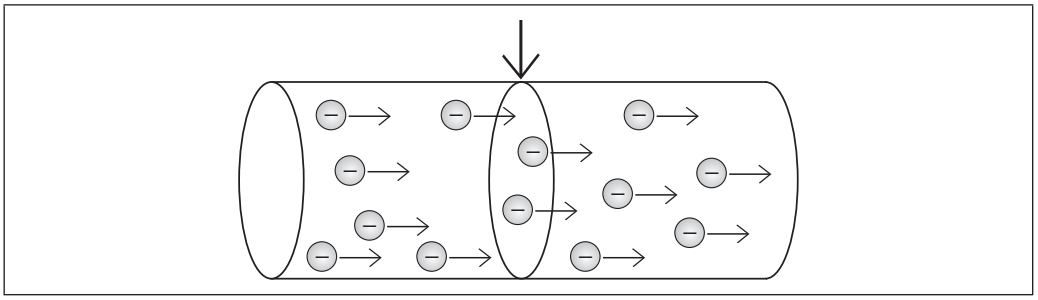
Давным-давно, когда электричество было ещё очень мало изучено, люди приняли, что электрический ток течёт от плюса к минусу.

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:

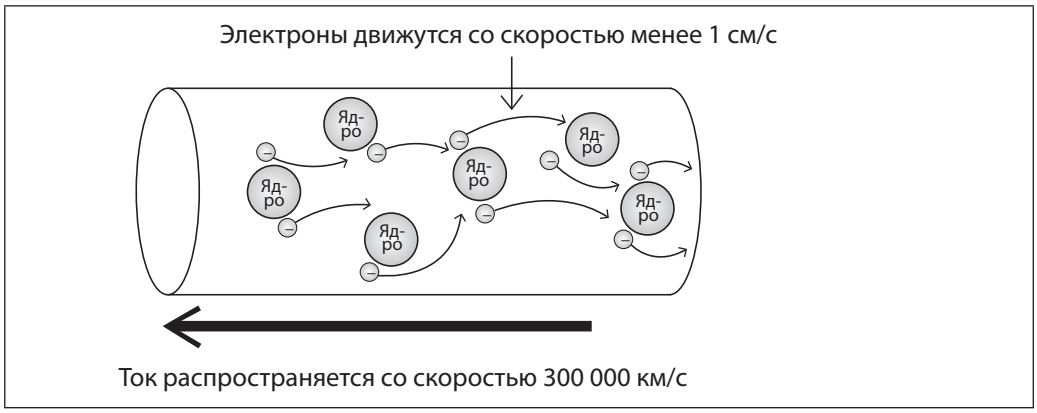
$$I = Q/t = 1 \text{ Кл}/1 \text{ с} = 1 \text{ А}.$$

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.

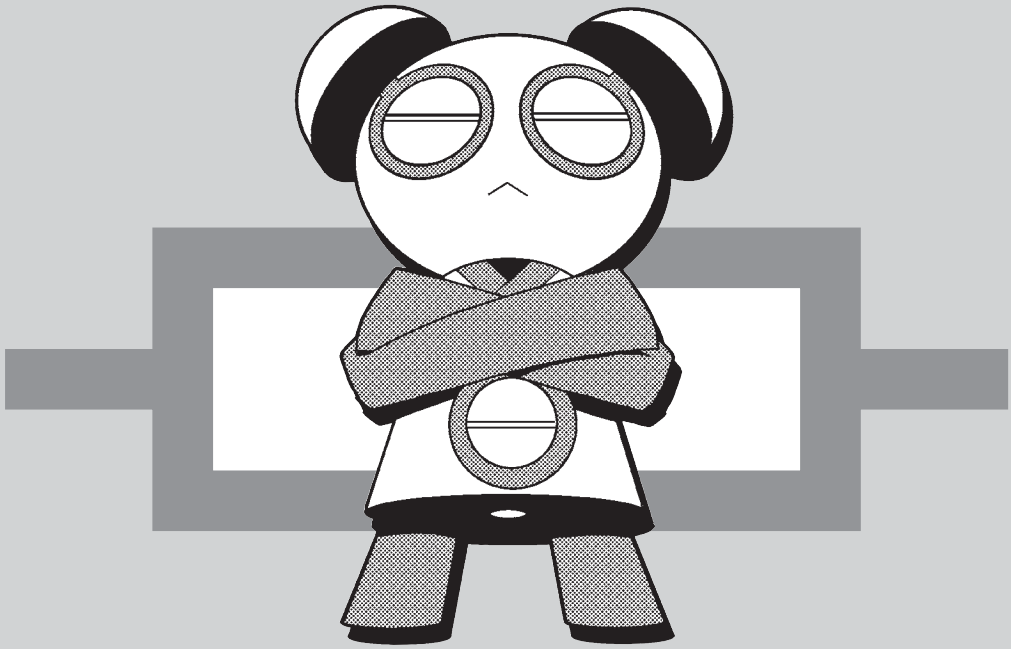
Скорость, с которой движутся электроны, очень мала — менее 1 см/с. Однако скорость, с которой движение электрона передается к соседним электронам, равна скорости света — 300 000 км/с. Следовательно, ток также течёт со скоростью 300 000 км/с.



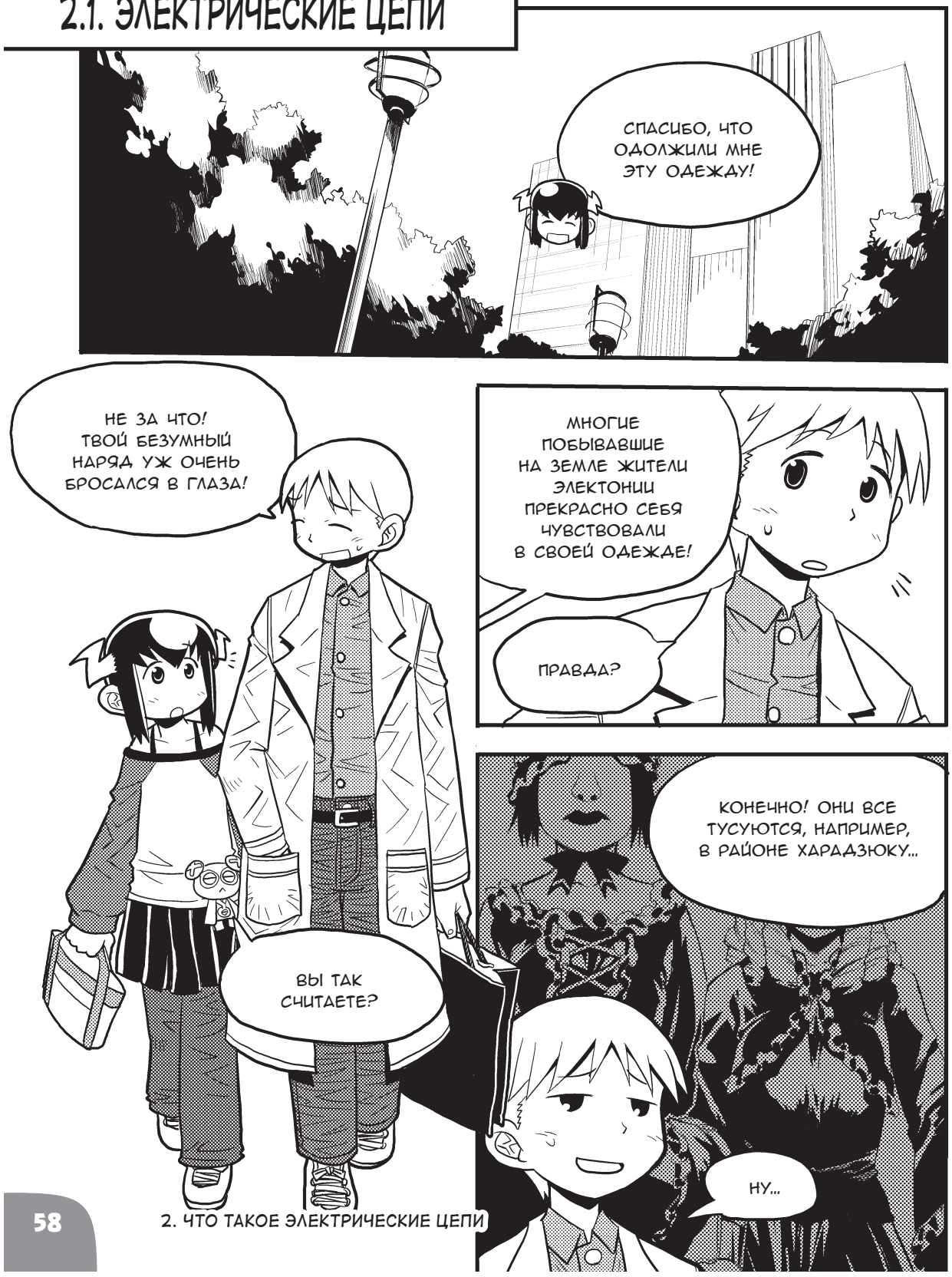
Скорость движения электронов и скорость протекания тока.

2

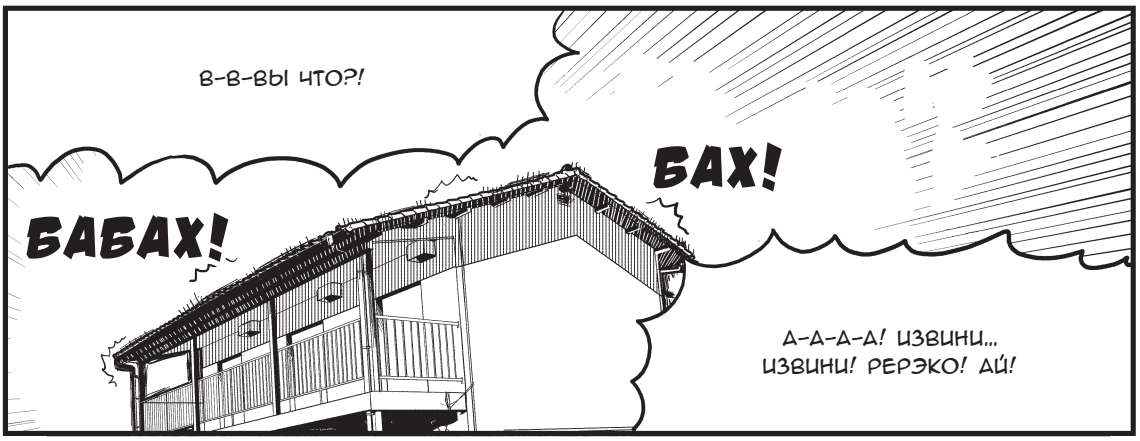
ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

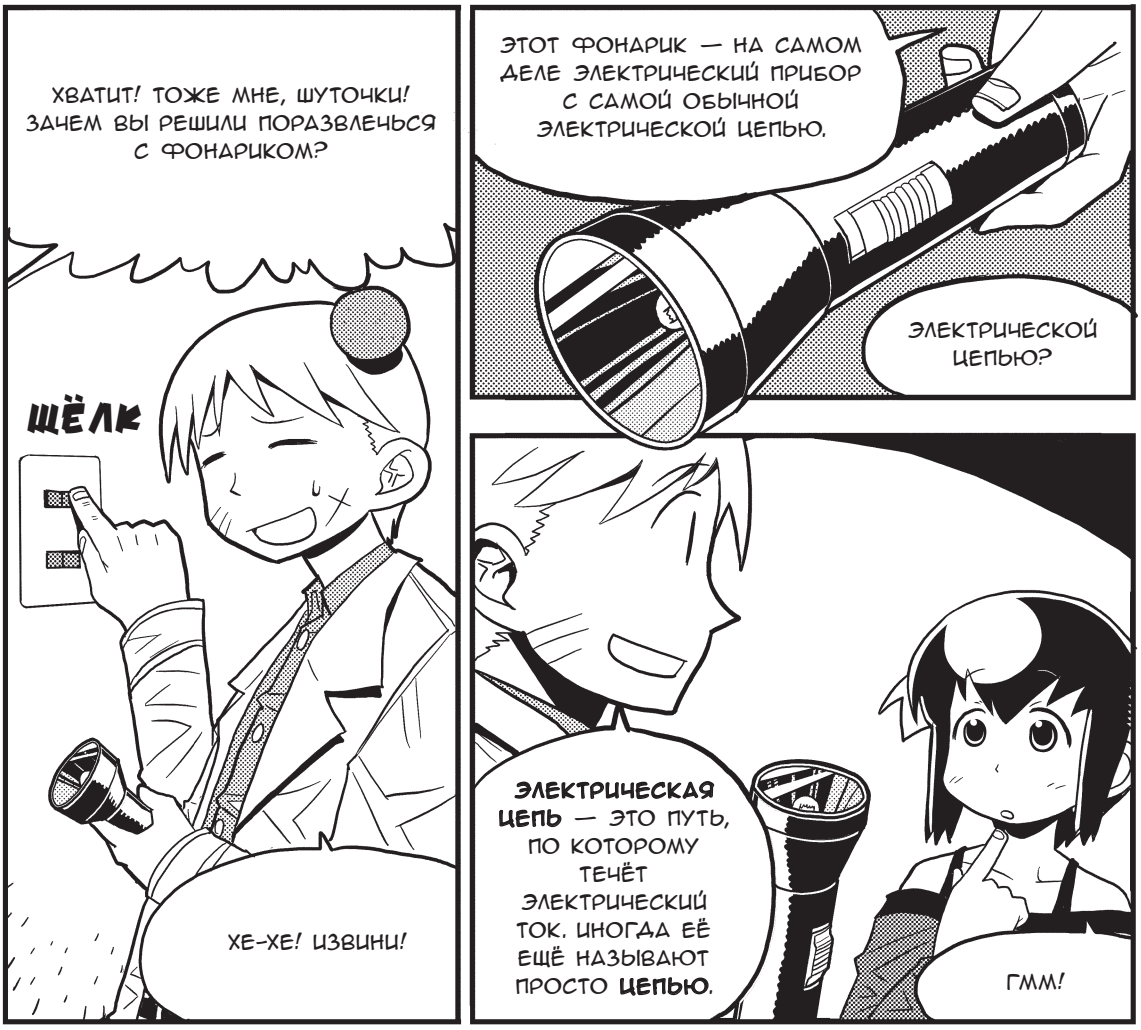


2.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

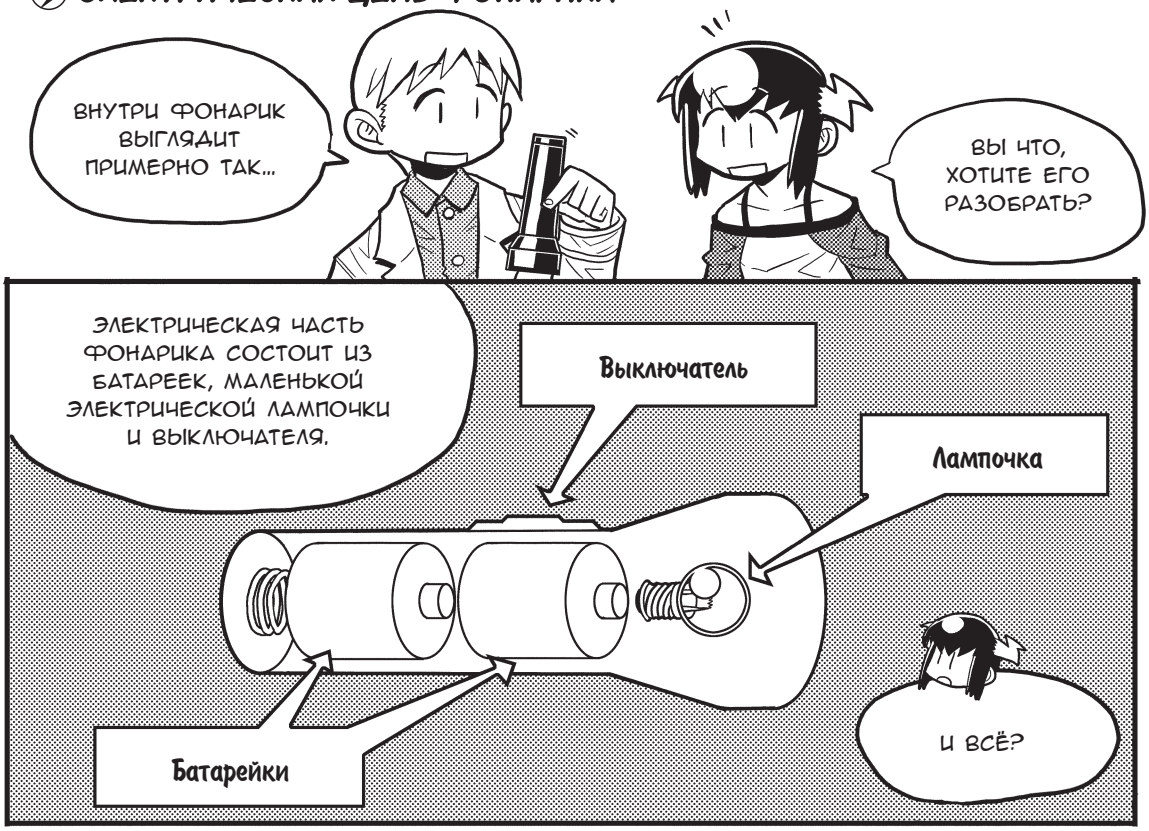


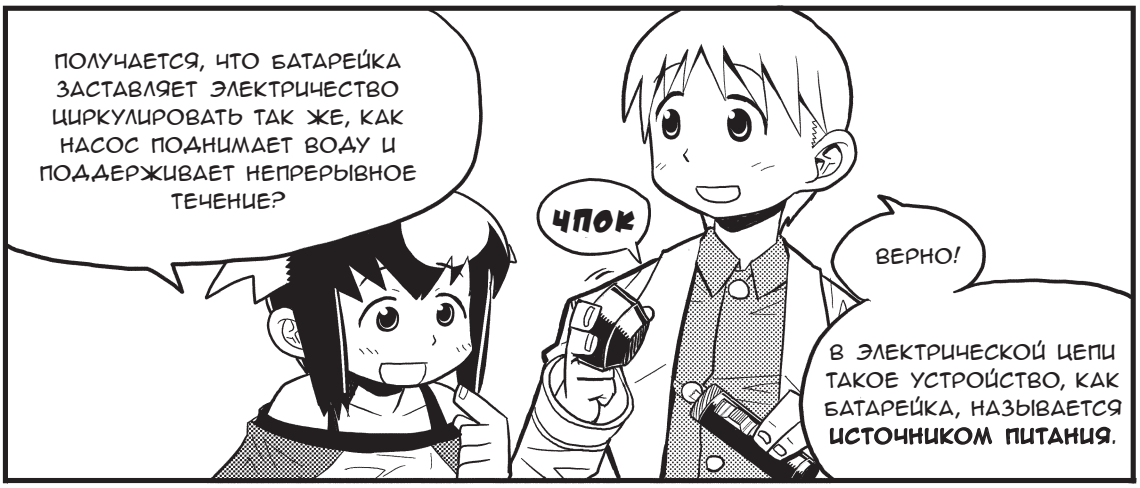
ВОТ МЫ И ДОМА.
ХА? СВЕТ НЕ ВКЛЮЧАЕТСЯ.
ШУРХ-ШУРХ
ХММ... СЕКУНДОЧКУ...
ОЙ!
ДАЖЕ ХИКАРУ-САН, КОТОРЫЙ И МУХИ НЕ ОБИДИТ, МОЖЕТ ПОВЕСТИ СЕБЯ СОВСЕМ ПО-ДРУГОМУ, ОСТАВШИСЬ В ТЕМНОТЕ НАЕДИНЕ С КРАСИВОЙ ДЕВУШКОЙ...
ЭЙ, РЕРЭКО-О-О-О-О-О...
ДЁРГ
А-а-а-а-а-а!


В-В-ВЫ ЧТО?!
БАХ!
БАБАХ!
А-А-А-А! ИЗВИНИ... ИЗВИНИ! РЕРЭКО! АЙ!


ХВАТИТ! ТОЖЕ МНЕ, ШУТОЧКИ! ЗАЧЕМ ВЫ РЕШИЛИ ПОРАЗВЛЕЧЬСЯ С ФОНАРИКОМ?
ЩЁЛК
ХЕ-ХЕ! ИЗВИНИ!
ЭТОТ ФОНАРИК — НА САМОМ ДЕЛЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР С САМОЙ ОБЫЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ.
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ?
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ — ЭТО ПУТЬ, ПО КОТОРОМУ ТЕЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ИНОГДА ЕЁ ЕЩЁ НАЗЫВАЮТ ПРОСТО **ЦЕПЬЮ**.
ГММ!

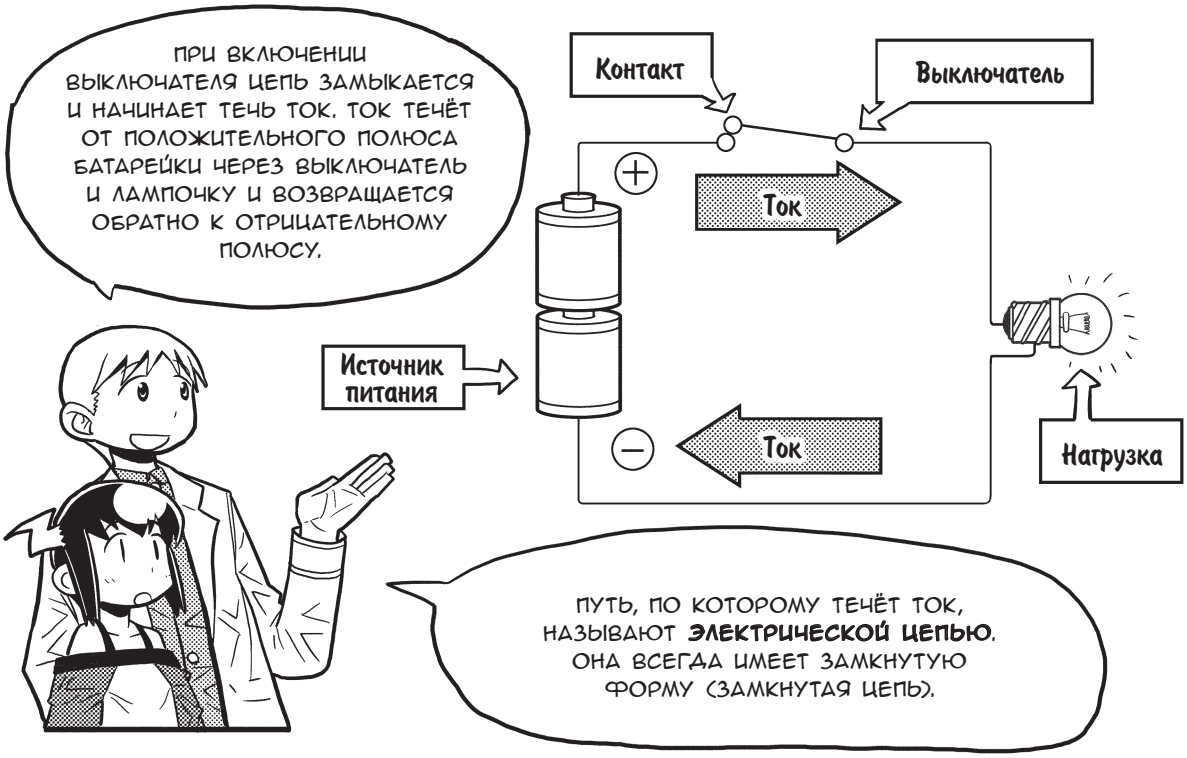
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ФОНАРИКА



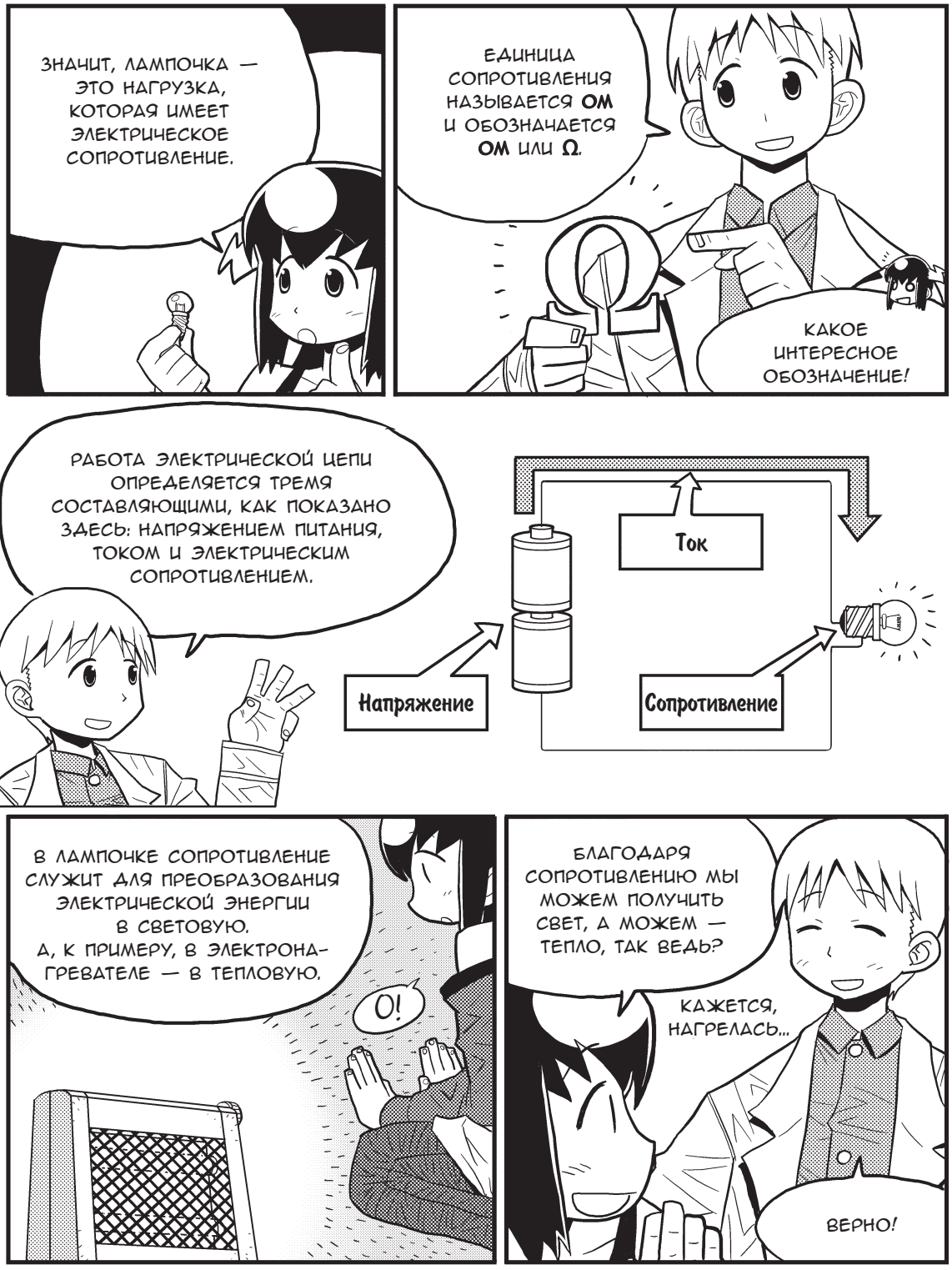

ПОЛУЧАЕТСЯ, ЧТО БАТАРЕЙКА ЗАСТАВЛЯЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЦИРКУЛИРОВАТЬ ТАК ЖЕ, КАК НАСОС ПОДНИМАЕТ ВОДУ И ПОДДЕРЖИВАЕТ НЕПРЕРЫВНОЕ ТЕЧЕНИЕ?
ЧПОК
ВЕРНО!
В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ТАКОЕ УСТРОЙСТВО, КАК БАТАРЕЙКА, НАЗЫВАЕТСЯ **ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ**.

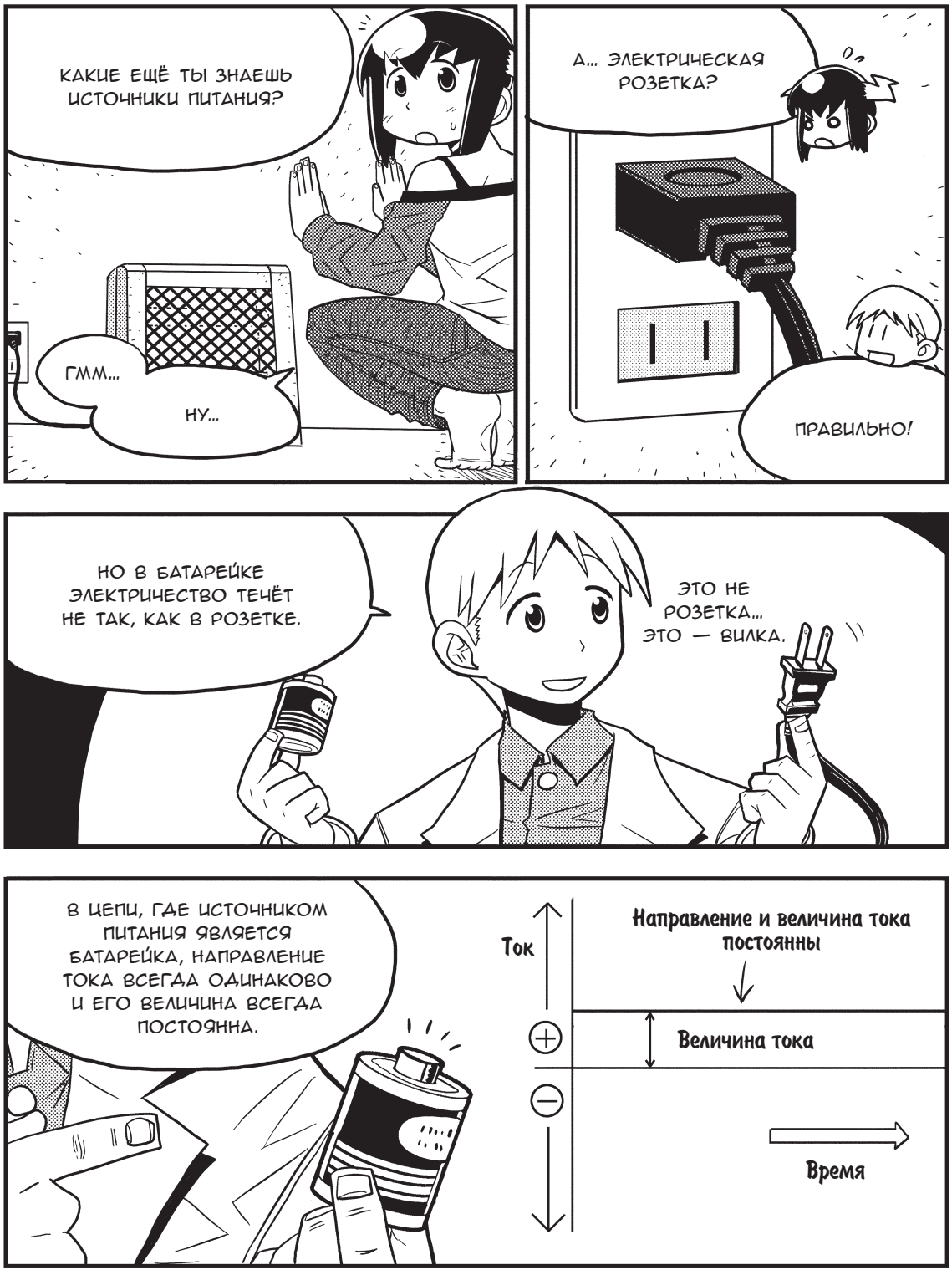
ЛАМПОЧКА — ЭТО ЭЛЕМЕНТ, КОТОРЫЙ СВЕТИТСЯ, КОГДА ЧЕРЕЗ НЕГО ТЕЧЁТ ТОК.
СРАВНИВАЯ С ПОТОКОМ ВОДЫ, ЛАМПОЧКА — ЭТО ВОДЯНОЕ КОЛЕСО, КОТОРОЕ ВЫПОЛНЯЕТ РАБОТУ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОТОКА ВОДЫ.
КРУТЬ
КРУТЬ
РАБОТА ЛАМПОЧКИ — ДАВАТЬ СВЕТ.

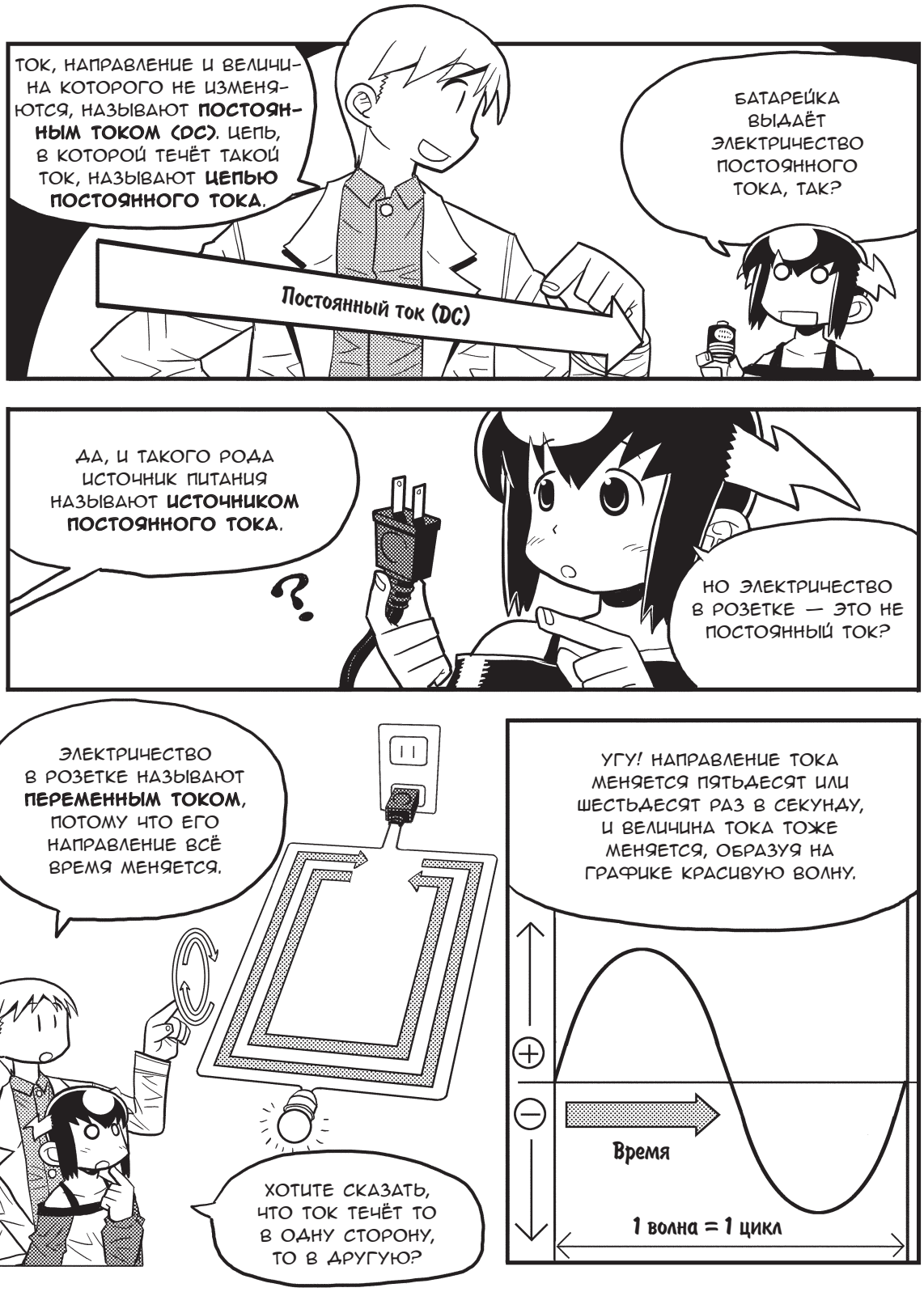
ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ — ЭТО ЭЛЕМЕНТ, КОТОРЫЙ ЛИБО РАЗРЕШАЕТ ТОКУ ТЕЧЬ, ЛИБО ЗАПРЕЩАЕТ; ВСЁ ОПРЕДЕЛЯЕТ КОНТАКТ.
КОНТАКТ РАЗРЕШАЕТ ТЕЧЬ ТОКУ, КОГДА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЧАСТИ СОПРИКАСАЮТСЯ И ЦЕПЬ ЗАМЫКАЕТСЯ.
ВКЛ.
ВЫКЛ.
ЭТО Я ИНТУИТИВНО ПРЕДСТАВЛЯЮ.

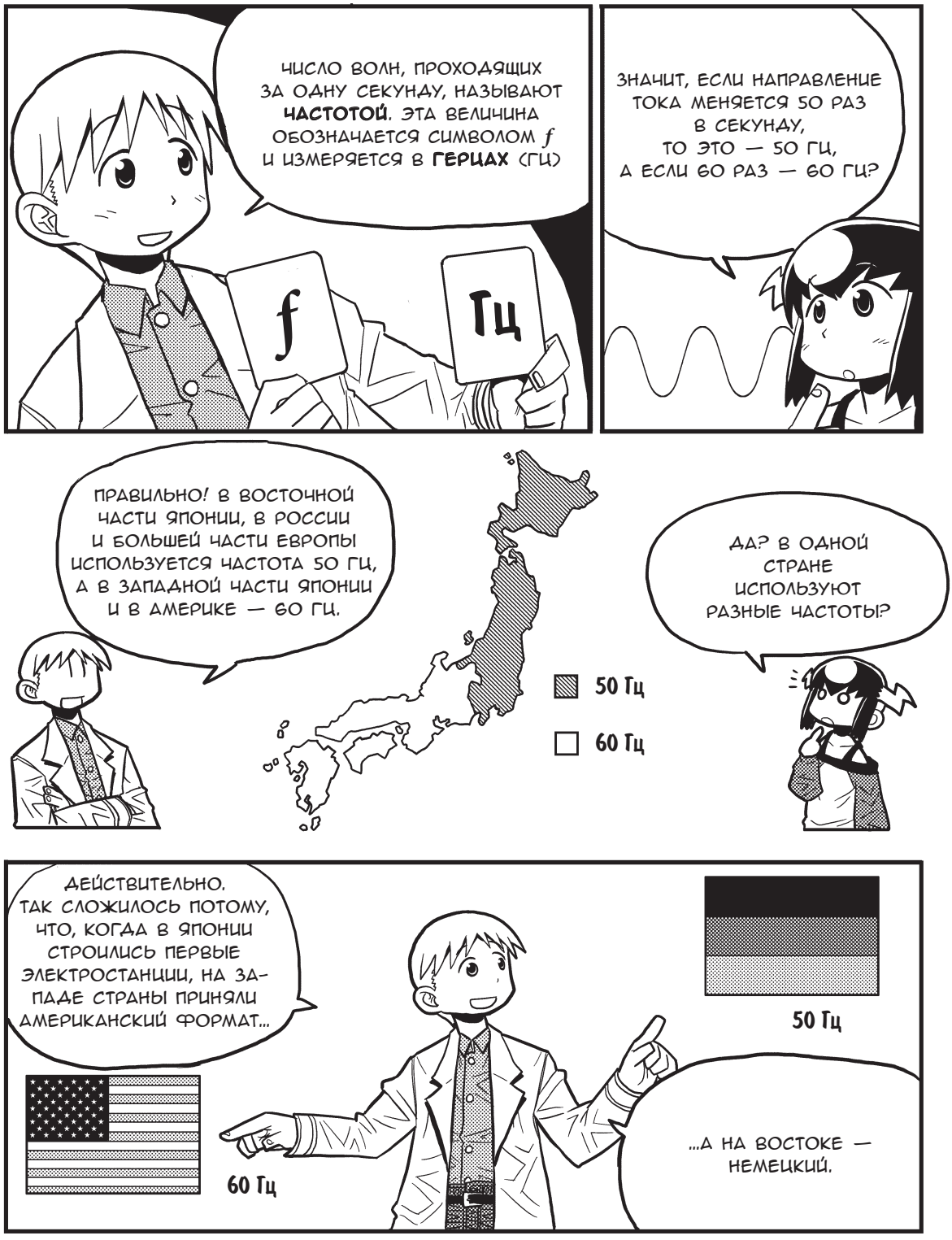

При включении выключателя цепь замыкается и начинает течь ток. Ток течёт от положительного полюса батарейки через выключатель и лампочку и возвращается обратно к отрицательному полюсу.
Контакт
Выключатель
Ток
Источник питания
Ток
Нагрузка
Путь, по которому течёт ток, называют **электрической цепью**. Она всегда имеет замкнутую форму (замкнутая цепь).

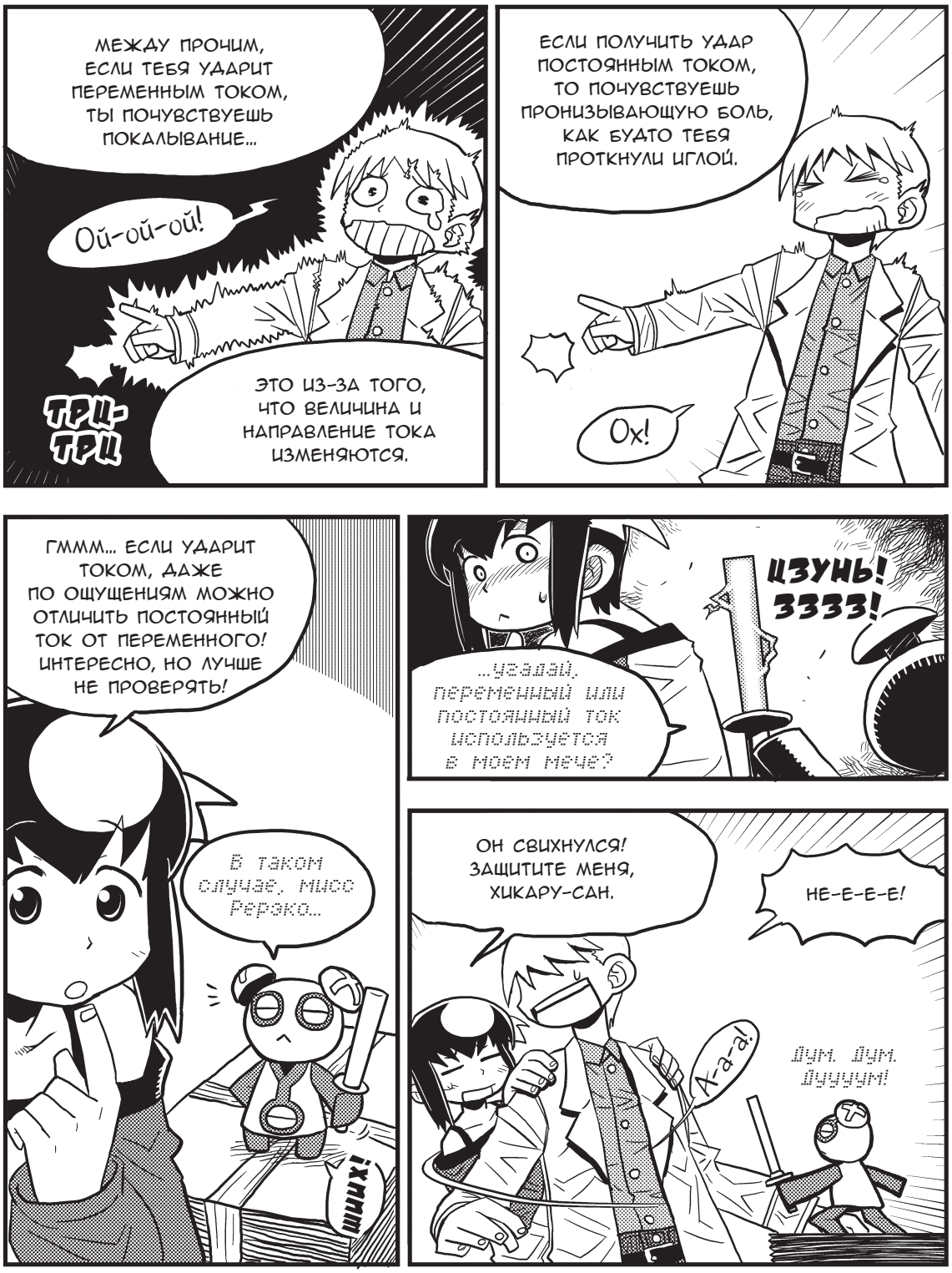
Элементы электрической цепи
Напряжение, которое поступает от источника питания, называют **напряжением питания** или **электродвижущей силой**.
Элемент, преобразующий электрическую энергию в световую или тепловую, называют **нагрузкой**.
Я поняла! В фонарике лампочка — это нагрузка, так?
Нагрузка
Верно!
Нагрузка также обладает свойством, затрудняющим протекание тока, и это свойство называют **электрическим сопротивлением** или просто сопротивлением.


ЗНАЧИТ, ЛАМПОЧКА — ЭТО НАГРУЗКА, КОТОРАЯ ИМЕЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ.
ЕДИНИЦА СОПРОТИВЛЕНИЯ НАЗЫВАЕТСЯ **ОМ** И ОБОЗНАЧАЕТСЯ **ОМ** ИЛИ **Ω**.
КАКОЕ ИНТЕРЕСНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ!
РАБОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ТРЕМЯ СОСТАВЛЯЮЩИМИ, КАК ПОКАЗАНО ЗДЕСЬ: НАПРЯЖЕНИЕМ ПИТАНИЯ, ТОКОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ.
Ток
Напряжение
Сопротивление
В ЛАМПОЧКЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СЛУЖИТ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СВЕТОВУЮ. А, К ПРИМЕРУ, В ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕ — В ТЕПЛОВУЮ.
О!
БЛАГОДАРЯ СОПРОТИВЛЕНИЮ МЫ МОЖЕМ ПОЛУЧИТЬ СВЕТ, А МОЖЕМ — ТЕПЛО, ТАК ВЕДЬ?
КАЖЕТСЯ, НАГРЕЛАСЬ...
ВЕРНО!

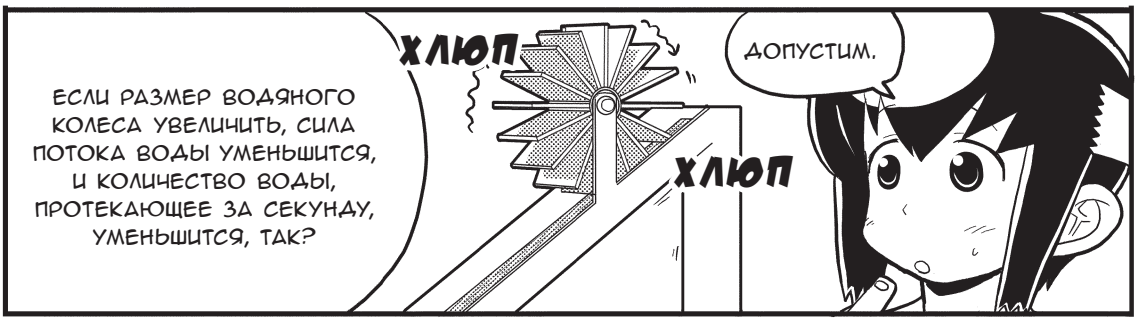

КАКИЕ ЕЩЁ ТЫ ЗНАЕШЬ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ?
ГММ...
НУ...
А... ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РОЗЕТКА?
ПРАВИЛЬНО!
НО В БАТАРЕЙКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТЕЧЁТ НЕ ТАК, КАК В РОЗЕТКЕ.
ЭТО НЕ РОЗЕТКА... ЭТО — ВИЛКА.
В ЦЕПИ, ГДЕ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ БАТАРЕЙКА, НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА ВСЕГДА ОДИНАКОВО И ЕГО ВЕЛИЧИНА ВСЕГДА ПОСТОЯННА.
Ток
Направление и величина тока постоянны
Величина тока
Время

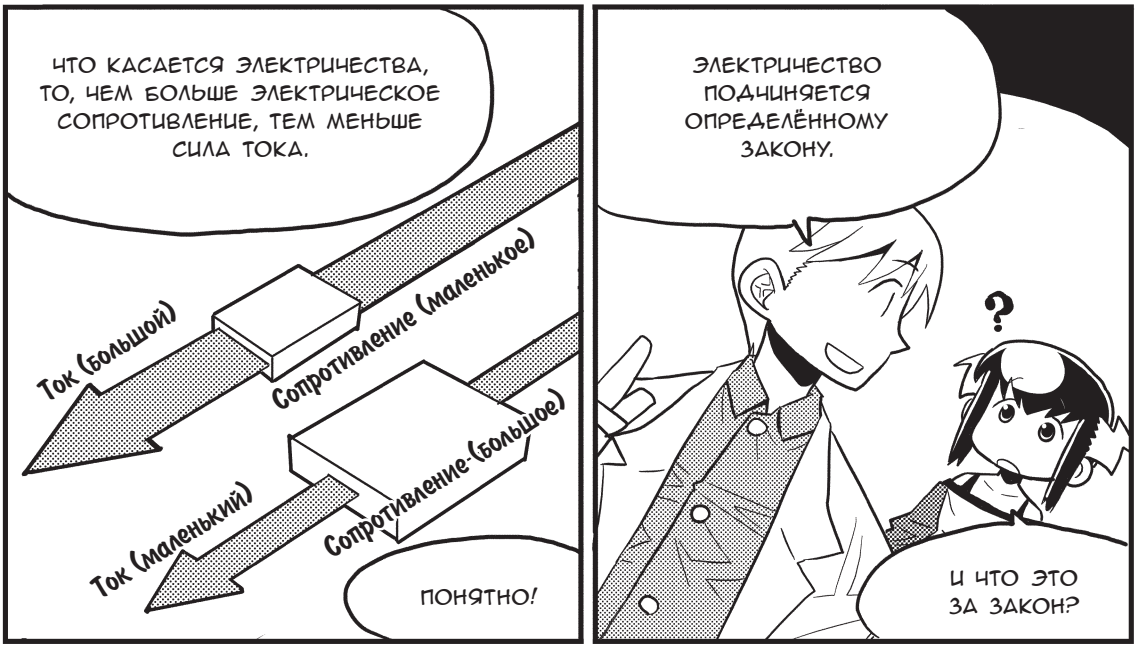

ТОК, НАПРАВЛЕНИЕ И ВЕЛИЧИНА КОТОРОГО НЕ ИЗМЕНЯЮТСЯ, НАЗЫВАЮТ **ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ (DC)**. ЦЕПЬ, В КОТОРОЙ ТЕЧЁТ ТАКОЙ ТОК, НАЗЫВАЮТ **ЦЕПЬЮ ПОСТОЯННОГО ТОКА**.
Постоянный ток (DC)
БАТАРЕЙКА ВЫДАЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПОСТОЯННОГО ТОКА, ТАК?
ДА, И ТАКОГО РОДА ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НАЗЫВАЮТ **ИСТОЧНИКОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА**.
?
НО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В РОЗЕТКЕ — ЭТО НЕ ПОСТОЯННЫЙ ТОК?
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В РОЗЕТКЕ НАЗЫВАЮТ **ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ**, ПОТОМУ ЧТО ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ ВСЁ ВРЕМЯ МЕНЯЕТСЯ.
ХОТИТЕ СКАЗАТЬ, ЧТО ТОК ТЕЧЁТ ТО В ОДНУ СТОРОНУ, ТО В ДРУГУЮ?
УГУ! НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА МЕНЯЕТСЯ ПЯТЬДЕСЯТ ИЛИ ШЕСТЬДЕСЯТ РАЗ В СЕКУНДУ, И ВЕЛИЧИНА ТОКА ТОЖЕ МЕНЯЕТСЯ, ОБРАЗУЯ НА ГРАФИКЕ КРАСИВУЮ ВОЛНУ.
+
−
Время
1 волна = 1 цикл


ЧИСЛО ВОЛН, ПРОХОДЯЩИХ ЗА ОДНУ СЕКУНДУ, НАЗЫВАЮТ **ЧАСТОТОЙ**. ЭТА ВЕЛИЧИНА ОБОЗНАЧАЕТСЯ СИМВОЛОМ *f* И ИЗМЕРЯЕТСЯ В **ГЕРЦАХ** (ГЦ)
f
Гц
ЗНАЧИТ, ЕСЛИ НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА МЕНЯЕТСЯ 50 РАЗ В СЕКУНДУ, ТО ЭТО — 50 ГЦ, А ЕСЛИ 60 РАЗ — 60 ГЦ?
ПРАВИЛЬНО! В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЯПОНИИ, В РОССИИ И БОЛЬШЕЙ ЧАСТИ ЕВРОПЫ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ЧАСТОТА 50 ГЦ, А В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНИИ И В АМЕРИКЕ — 60 ГЦ.
50 Гц
60 Гц
ДА? В ОДНОЙ СТРАНЕ ИСПОЛЬЗУЮТ РАЗНЫЕ ЧАСТОТЫ?
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО. ТАК СЛОЖИЛОСЬ ПОТОМУ, ЧТО, КОГДА В ЯПОНИИ СТРОИЛИСЬ ПЕРВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, НА ЗАПАДЕ СТРАНЫ ПРИНЯЛИ АМЕРИКАНСКИЙ ФОРМАТ...
60 Гц
50 Гц
...А НА ВОСТОКЕ — НЕМЕЦКИЙ.

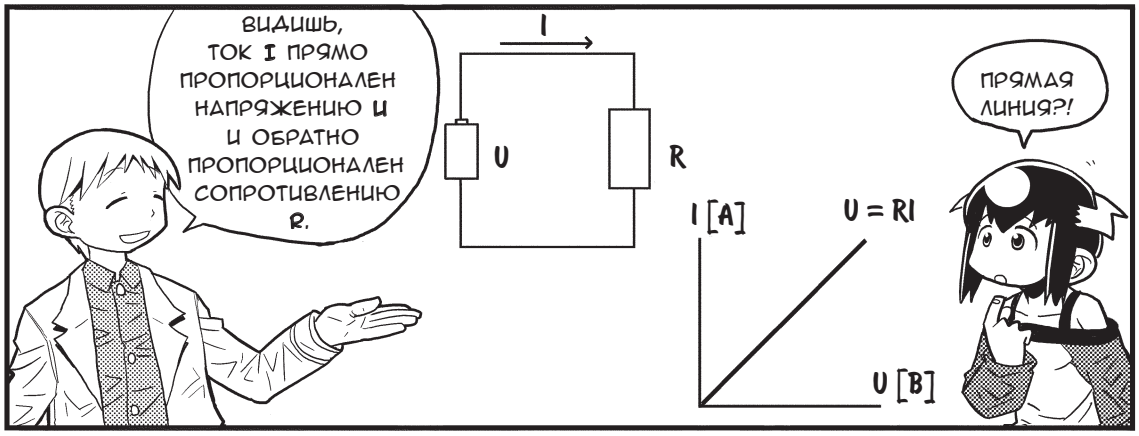

Между прочим, если тебя ударит переменным током, ты почувствуешь покалывание...
Ой-ой-ой!
ТРЦ-ТРЦ
Это из-за того, что величина и направление тока изменяются.
Если получить удар постоянным током, то почувствуешь пронизывающую боль, как будто тебя проткнули иглой.
Ох!
Гммм... если ударит током, даже по ощущениям можно отличить постоянный ток от переменного! Интересно, но лучше не проверять!
В таком случае, мисс Рэйко...
ixnay
...угадай, переменный или постоянный ток используется в моем мече?
ЦЗУНЬ! ЗЗЗЗ!
Он свихнулся! Защитите меня, Хикару-сан.
Не-е-е-е!
А-а-а!
Дум. Дум. Дуууум!

2.2. ЗАКОН ОМА И СПОСОБЫ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

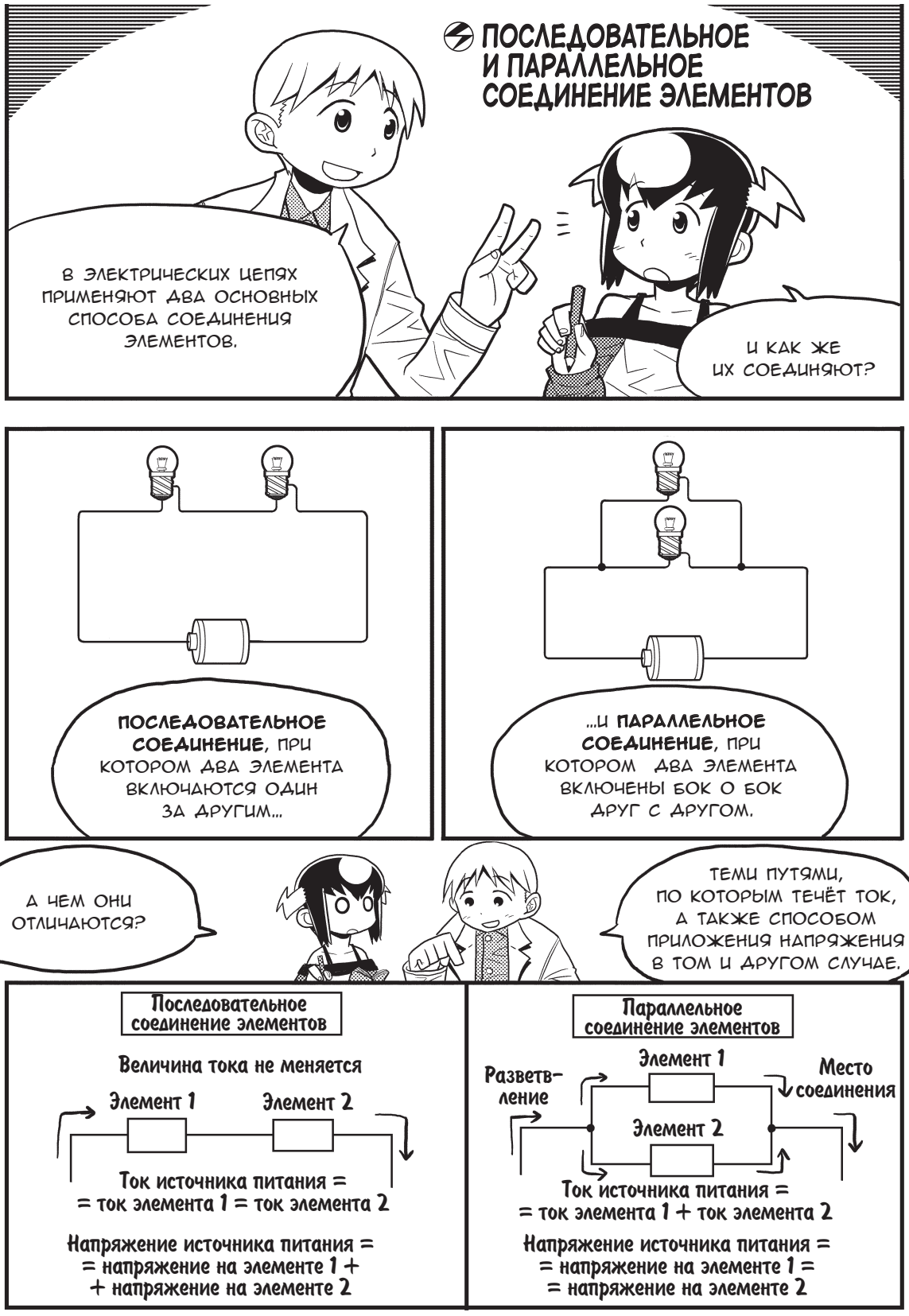


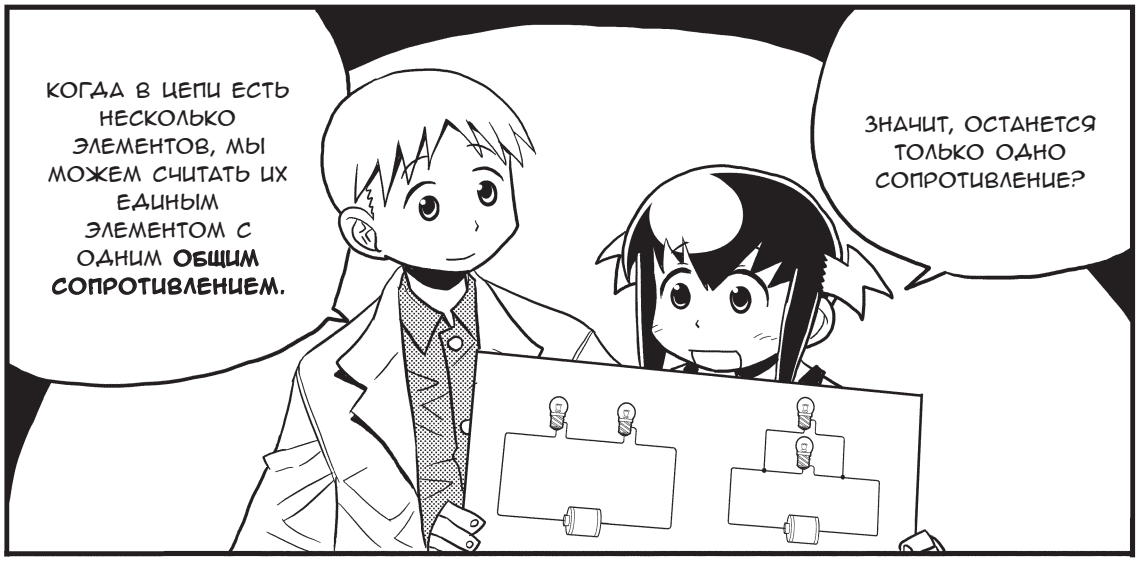


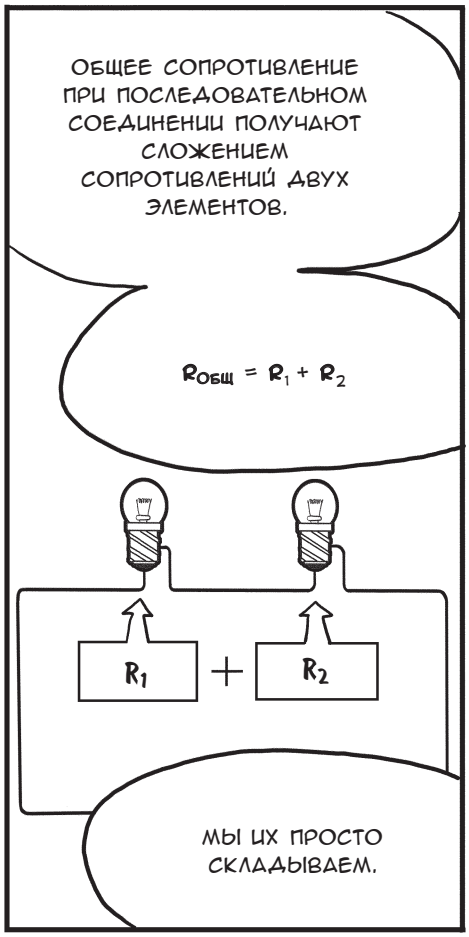
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ И ЗАКОН ОМА
ЕСЛИ ТОК (I) ВЫРАЖАЕТСЯ В АМПЕРАХ...
...НАПРЯЖЕНИЕ (U) — В ВОЛЬТАХ...
...А СОПРОТИВЛЕНИЕ (R) — В ОМАХ...
I = U/R
...ТОГДА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ СПРАВЕДЛИВА ФОРМУЛА I = U/R


ВИДИШЬ, ТОК I ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЕН НАПРЯЖЕНИЮ U И ОБРАТНО ПРОПОРЦИОНАЛЕН СОПРОТИВЛЕНИЮ R.
I
U
R
I [A]
U = RI
U [B]
ПРЯМАЯ ЛИНИЯ?!

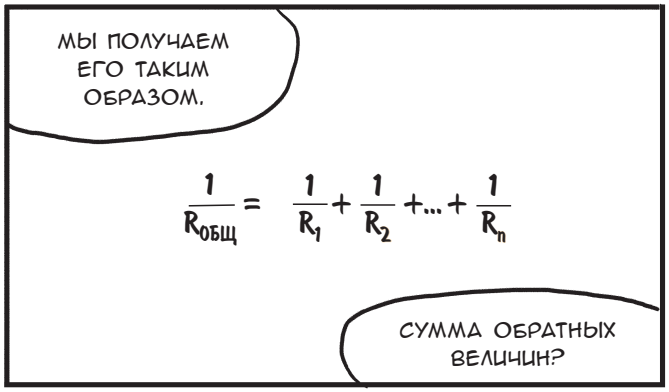
ЭТО И ЕСТЬ ЗАКОН ОМА —
ОСНОВНОЕ СООТНОШЕНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ.
ПОНЯТНО! НАДО ЗАПИСАТЬ.
СКРИП, СКРИП


ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПРИМЕНЯЮТ ДВА ОСНОВНЫХ СПОСОБА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ.
И КАК ЖЕ ИХ СОЕДИНЯЮТ?
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, ПРИ КОТОРОМ ДВА ЭЛЕМЕНТА ВКЛЮЧАЮТСЯ ОДИН ЗА ДРУГИМ...
...И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, ПРИ КОТОРОМ ДВА ЭЛЕМЕНТА ВКЛЮЧЕНЫ БОК О БОК ДРУГ С ДРУГОМ.
А ЧЕМ ОНИ ОТЛИЧАЮТСЯ?
ТЕМИ ПУТЯМИ, ПО КОТОРЫМ ТЕЧЁТ ТОК, А ТАКЖЕ СПОСОБОМ ПРИЛОЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ТОМ И ДРУГОМ СЛУЧАЕ.
Последовательное соединение элементов
Величина тока не меняется
Элемент 1
Элемент 2
Ток источника питания = = ток элемента 1 = ток элемента 2
Напряжение источника питания = = напряжение на элементе 1 + + напряжение на элементе 2
Параллельное соединение элементов
Разветв-ление
Элемент 1
Место соединения
Элемент 2
Ток источника питания = = ток элемента 1 + ток элемента 2
Напряжение источника питания = = напряжение на элементе 1 = = напряжение на элементе 2


КОГДА В ЦЕПИ ЕСТЬ НЕСКОЛЬКО ЭЛЕМЕНТОВ, МЫ МОЖЕМ СЧИТАТЬ ИХ ЕДИНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ С ОДНИМ **ОБЩИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ.**
ЗНАЧИТ, ОСТАНЕТСЯ ТОЛЬКО ОДНО СОПРОТИВЛЕНИЕ?


ОБЩЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ ПОЛУЧАЮТ СЛОЖЕНИЕМ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ.
$R_{общ} = R_1 + R_2$
R_1
R_2
МЫ ИХ ПРОСТО СКЛАДЫВАЕМ.

А КАК БЫТЬ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ?
?
ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ НЕМНОГО СЛОЖНЕЕ.

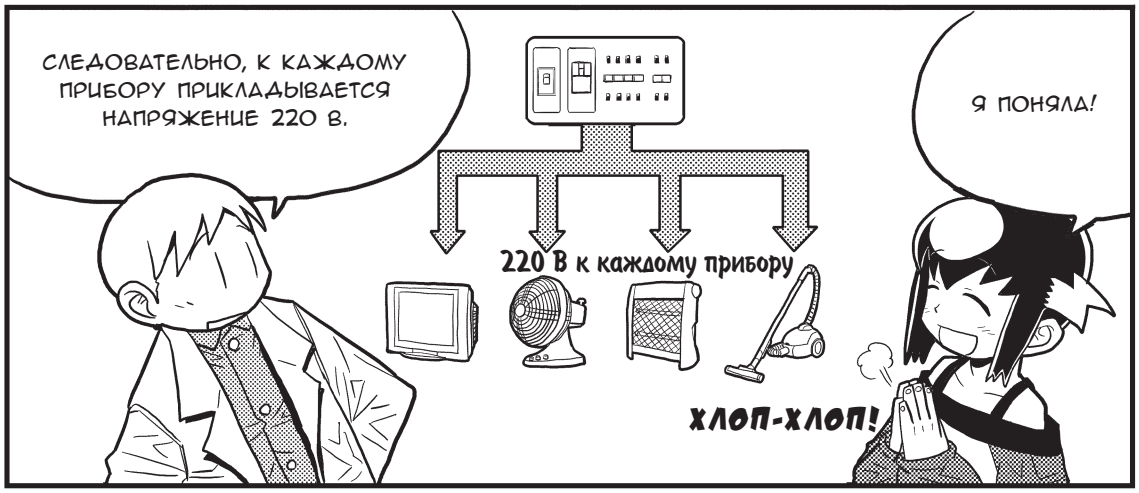

МЫ ПОЛУЧАЕМ ЕГО ТАКИМ ОБРАЗОМ.
$\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$
СУММА ОБРАТНЫХ ВЕЛИЧИН?

ДЛЯ ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЩЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАВНО
$R_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$
(произведение, делённое на сумму)
?
?
БРР! ЭТО УЖ ТОЧНО СОВСЕМ НЕ ПРОСТО. У МЕНЯ ГОЛОВА КРУГОМ ИДЁТ!
ДАВАЙ ОСТАНОВИМ ТВОЮ ГОЛОВУ И СПОКОЙНО СО ВСЕМ РАЗБЕРЁМСЯ, ХОРОШО?
ХЛОП!
ЛАДНО...
ЕСЛИ ДВЕ ОДИНАКОВЫХ ЛАМПОЧКИ СОЕДИНЕНЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО, СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗРАСТАЕТ ВДВОЕ, ТАК?
R_1 + R_2
Лампочка 1
Ярко
Лампочка 2
Тускло
В ЭТОМ СЛУЧАЕ ТОК УМЕНЬШИТСЯ В ДВА РАЗА И ЯРКОСТЬ КАЖДОЙ ЛАМПОЧКИ СТАНЕТ МЕНЬШЕ, ЧЕМ ЕСЛИ БЫ БЫЛА ПОДСОЕДИНЕНА ТОЛЬКО ОДНА ЛАМПОЧКА.
ЧТОБЫ ДВЕ ЛАМПОЧКИ СВЕТИЛИ ТАК ЖЕ ЯРКО, КАК И ОДНА ЛАМПОЧКА, МЫ ДОЛЖНЫ УДВОИТЬ НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ.
СТУК

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 БОЛЬШИЙ ТОК.
КАЖЕТСЯ, Я НАЧИНАЮ ПОНИМАТЬ.

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

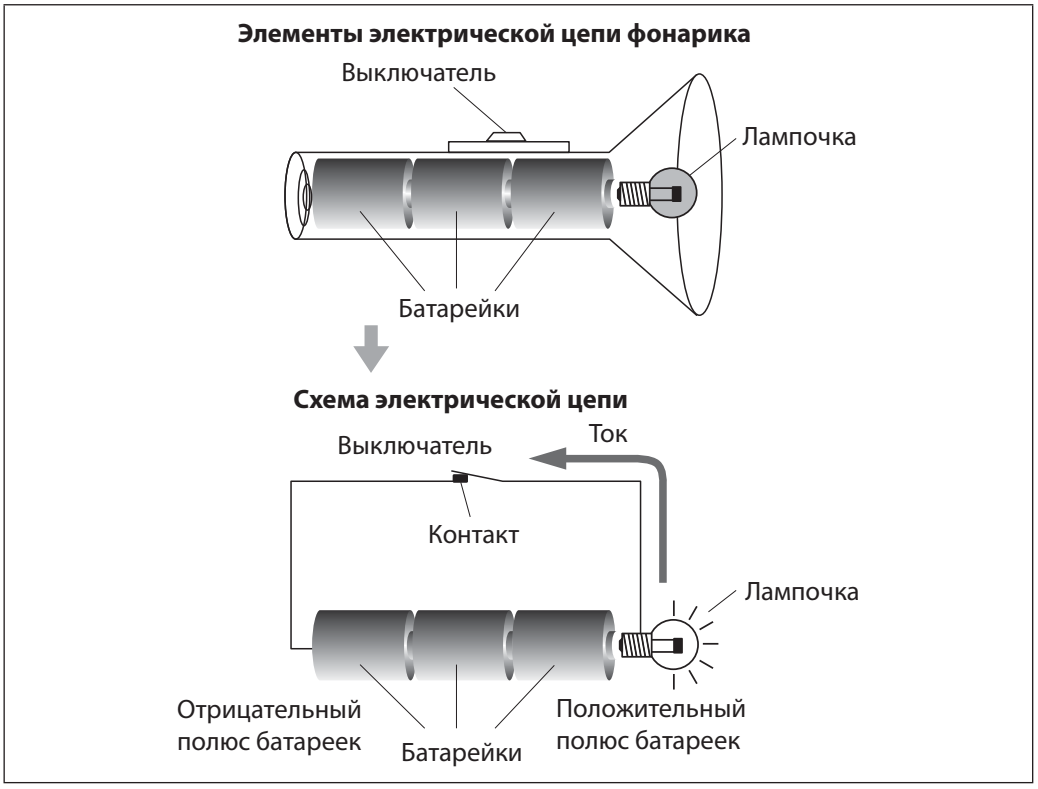

СЛЕДОВАТЕЛЬНО, К КАЖДОМУ ПРИБОРУ ПРИКЛАДЫВАЕТСЯ НАПРЯЖЕНИЕ 220 В.
220 В к каждому прибору
Я ПОНЯЛА!
ХЛОП-ХЛОП!

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*).



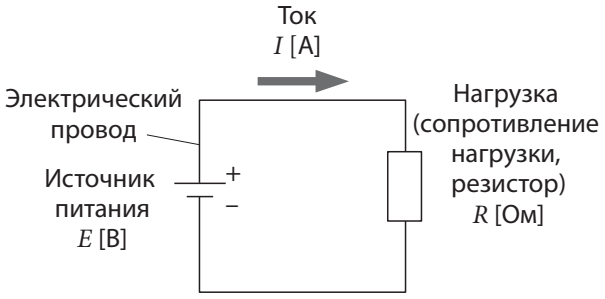
Электрическая цепь фонарика.

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.



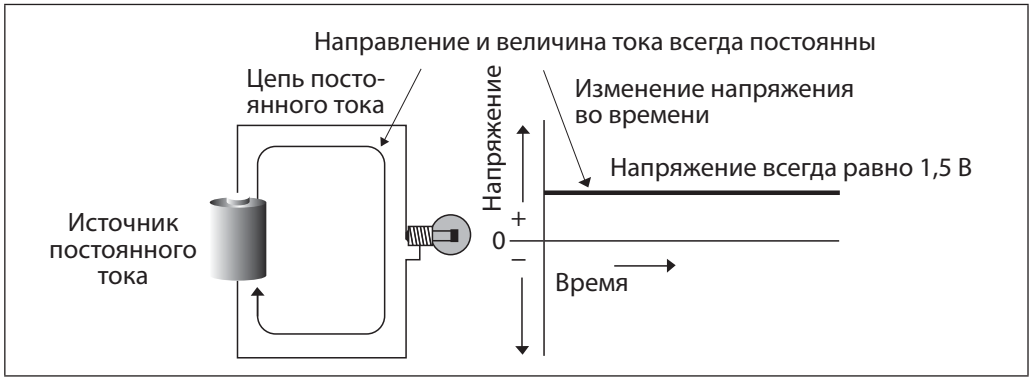
Электрическая цепь и графические символы элементов цепи.

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.

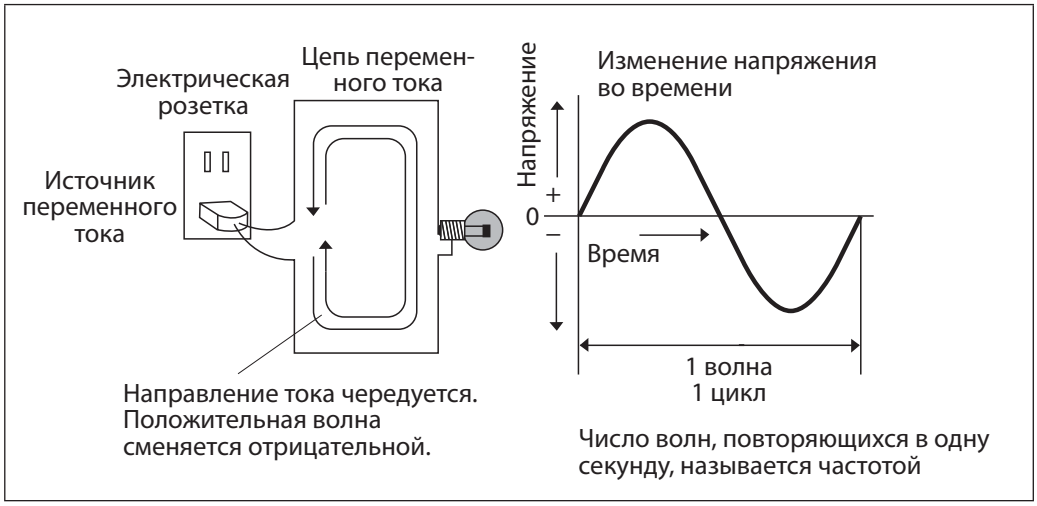
ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

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.

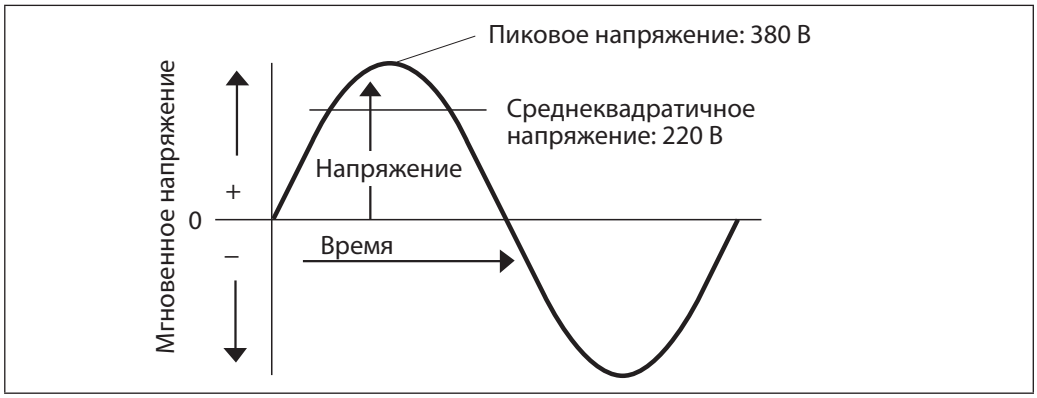


Постоянный ток.



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 В/220 Ом = 1 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 бóльший 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

$$R = \rho \times L/A \text{ [Ом]}.$$

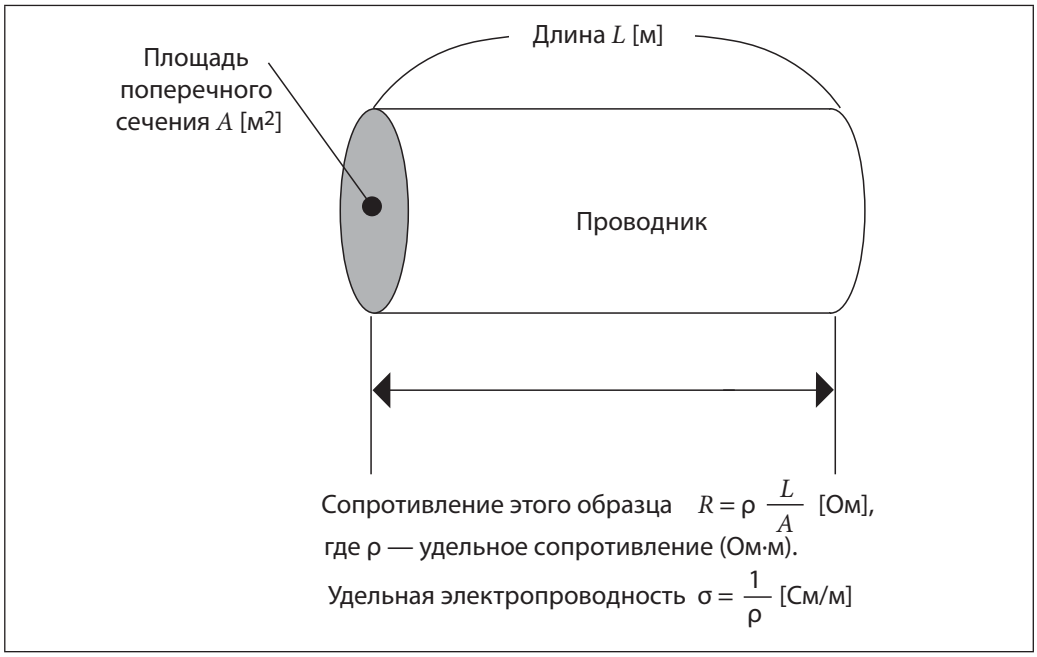
Удельное сопротивление, обозначаемое буквой ρ, — это значение сопротивления, обусловленное природой материала, и измеряется оно в *ом-метрах* (Ом·м). Из уравнения ясно, что для одного и того же материала величина сопротивления прямо пропорциональна длине и обратно пропорциональна площади поперечного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

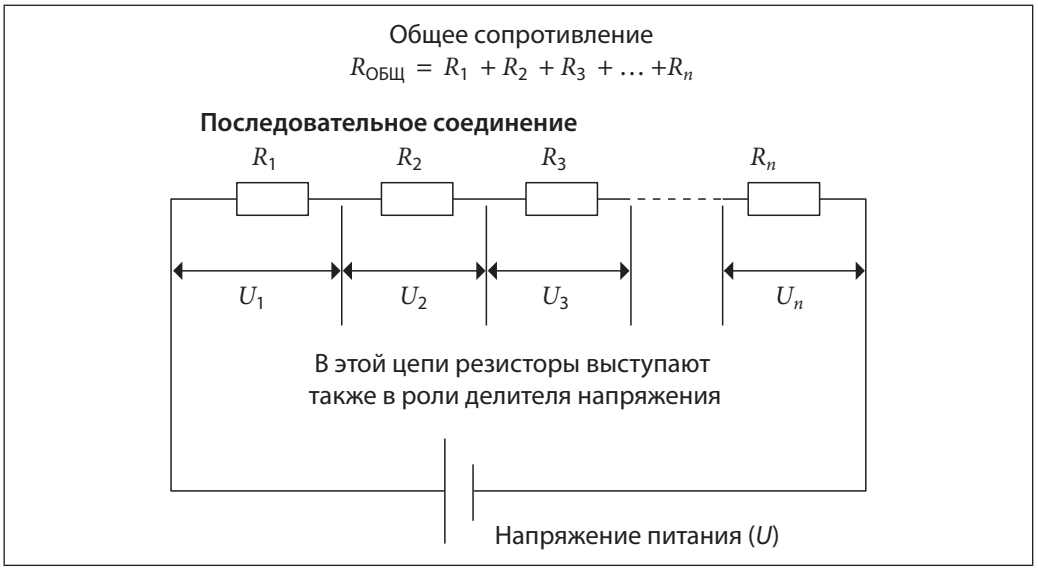
ОБЩЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

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.

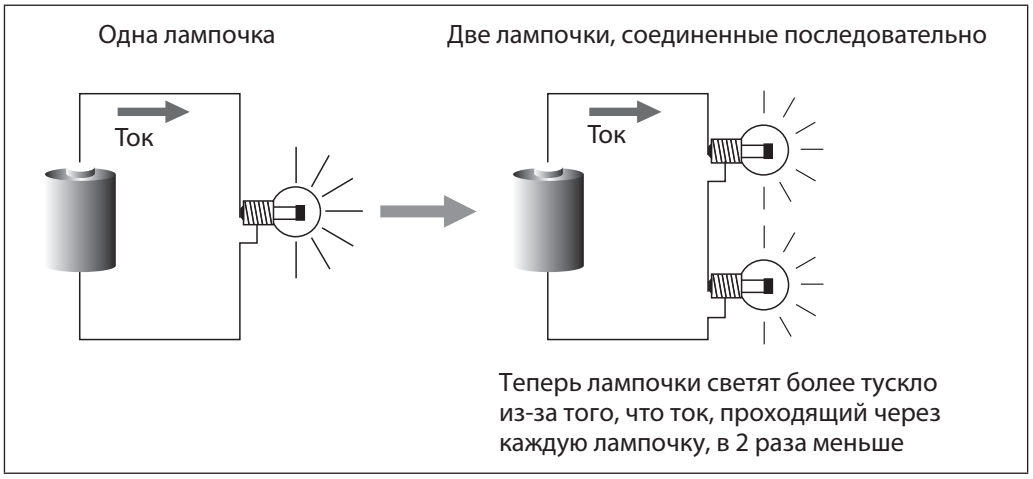
$$\text{Общее сопротивление } R_{\text{ОБЩ}} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n.$$

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.

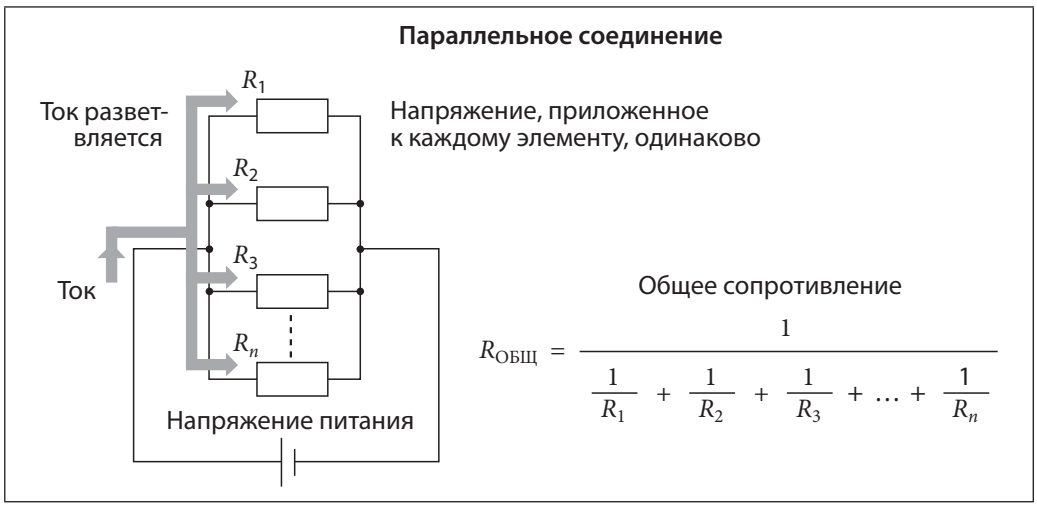


Последовательное соединение лампочек.

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

$$R_{\text{ОБЩ}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}}.$$

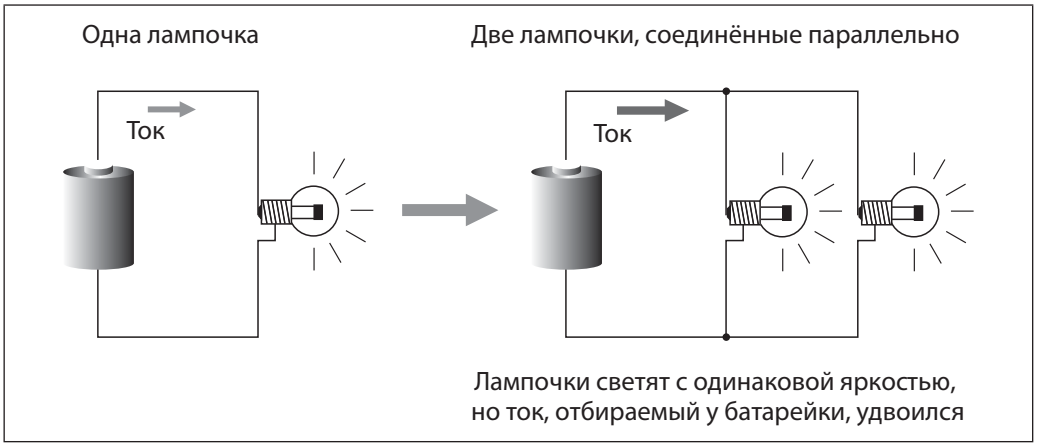


Общее сопротивление при параллельном соединении.

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

$$R_{\text{ОБЩ}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$ (произведение, делённое на сумму).

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.



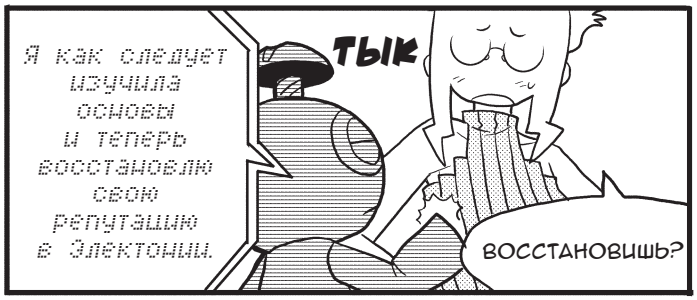
Параллельное соединение лампочек.

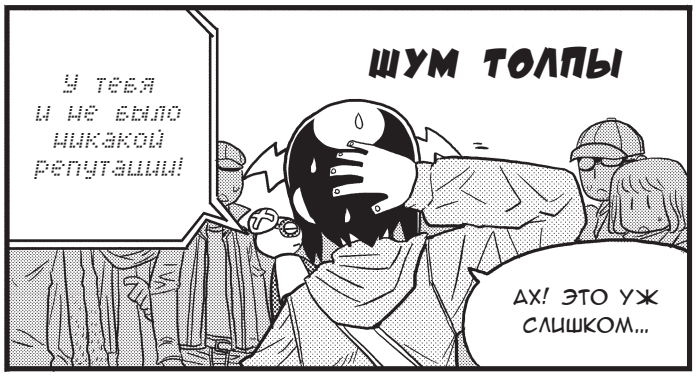
Электроприборы на напряжение 220 В, которыми мы пользуемся дома, подсоединяют к розетке параллельно. Если мы увеличим число электроприборов, подсоединённых к одной розетке, общий ток также увеличится.

3

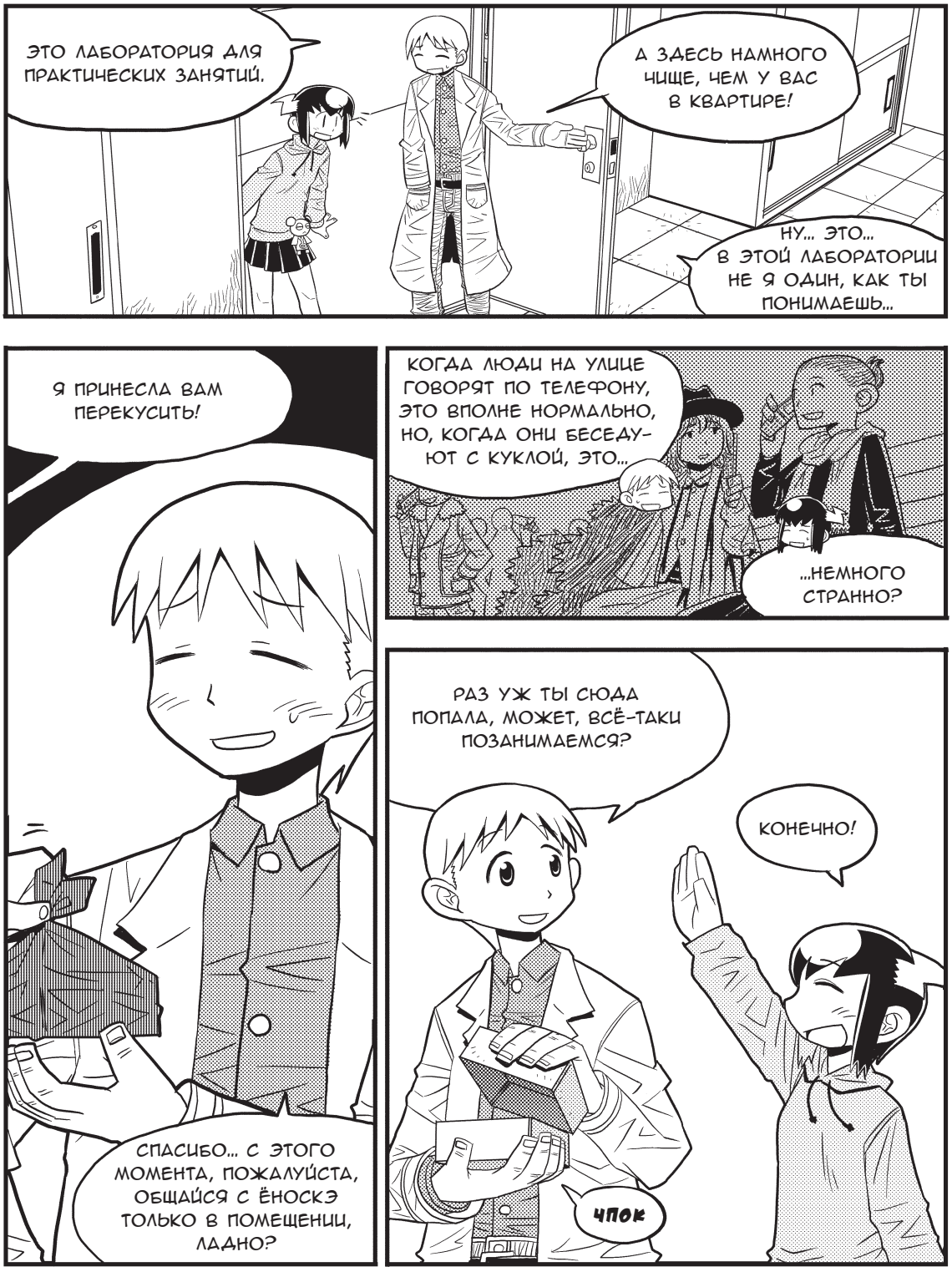
КАК РАБОТАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

3.1. ПОЧЕМУ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ДАЁТ ТЕПЛО

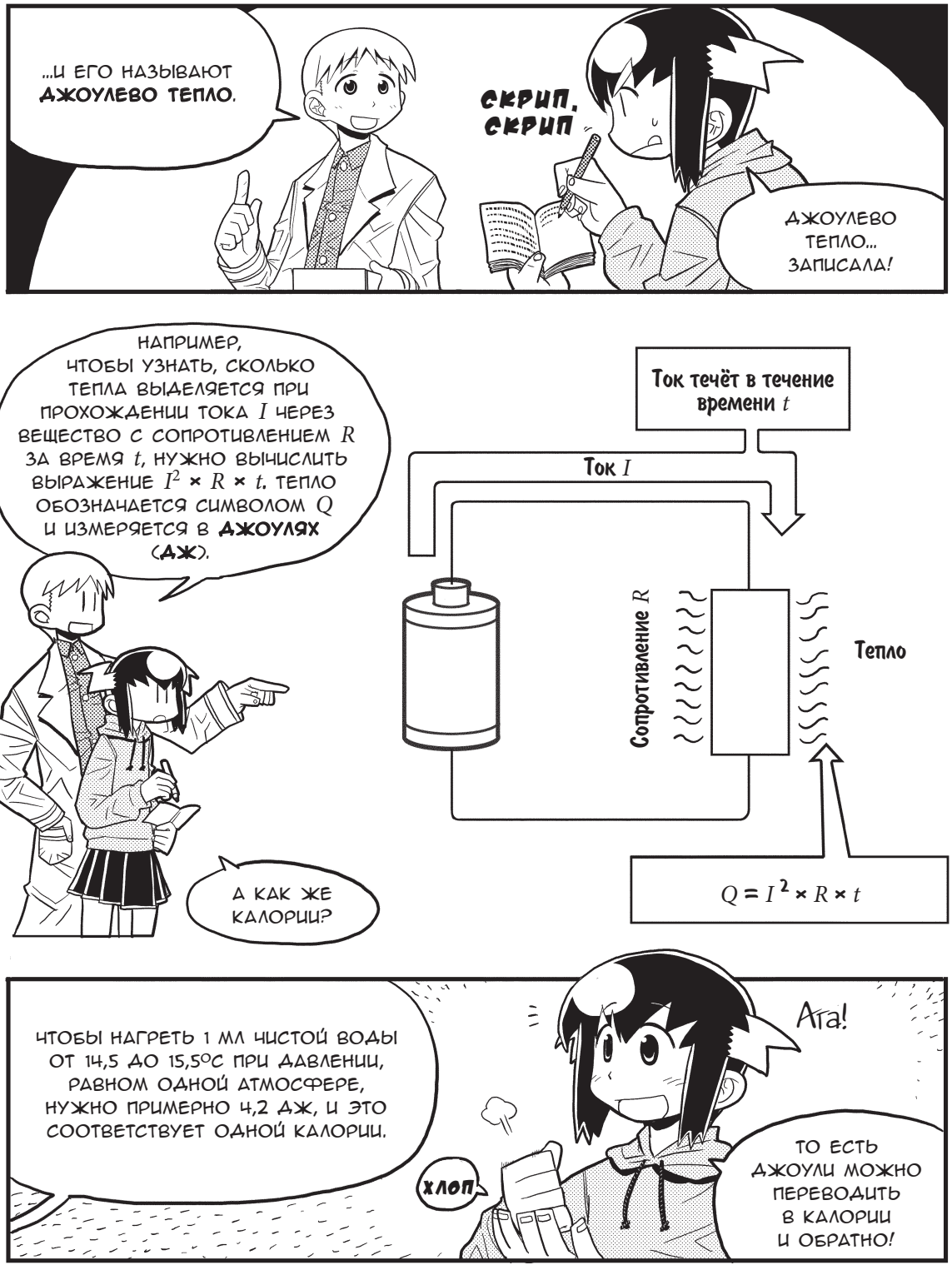




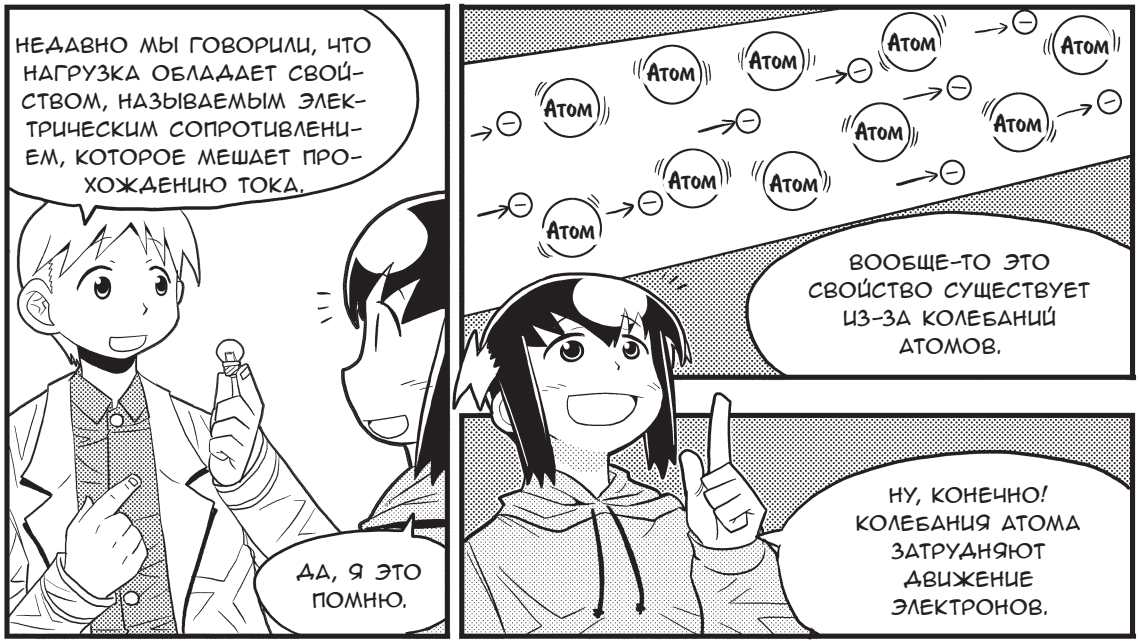
А!
ПРИШЁЛ ХИКАРУ-САН, МНЕ ПРИДЁТСЯ НА ЭТОМ ЗАКОНЧИТЬ НАШ РАЗГОВОР...
ШУМ ТОЛПЫ
Старайся, у тебя получится!
ТОП-ТОП
ПРИВЕТ, ХИКА...
...РУ! ЧТО?..
ХВАТЬ!
ДЁРГ!
РЕРЭКО! Я ТЕБЯ ВЕЗДЕ ИСКАЛ! ПОЧЕМУ БЫ ТЕБЕ НЕ ЗАНЯТЬСЯ СВОИМ ЧРЕВОВЕЩАНИЕМ В ЛАБОРАТОРИИ?
?
ЧТО, ПРОСТИТЕ? ВЫ РАЗВЕ ЗАБЫЛИ, ЧТО ЁНОСКЭ — ЭТО ТРАНСМЕРНЫЙ ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИЙ РОБОТ?
ПРИЧЁМ ТУТ РОБОТ? РАБОТАТЬ НАДО!
ЖИМ-ЖИМ
ЭЙ, ПОЛЕГЧЕ!


ЭТО ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.
А ЗДЕСЬ НАМНОГО ЧИЩЕ, ЧЕМ У ВАС В КВАРТИРЕ!
НУ... ЭТО... В ЭТОЙ ЛАБОРАТОРИИ НЕ Я ОДИН, КАК ТЫ ПОНИМАЕШЬ...
Я ПРИНЕСЛА ВАМ ПЕРЕКУСИТЬ!
СПАСИБО... С ЭТОГО МОМЕНТА, ПОЖАЛУЙСТА, ОБЩАЙСЯ С ЁНОСКЭ ТОЛЬКО В ПОМЕЩЕНИИ, ЛАДНО?
КОГДА ЛЮДИ НА УЛИЦЕ ГОВОРЯТ ПО ТЕЛЕФОНУ, ЭТО ВПОЛНЕ НОРМАЛЬНО, НО, КОГДА ОНИ БЕСЕДУЮТ С КУКЛОЙ, ЭТО...
...НЕМНОГО СТРАННО?
РАЗ УЖ ТЫ СЮДА ПОПАЛА, МОЖЕТ, ВСЁ-ТАКИ ПОЗАНИМАЕМСЯ?
КОНЕЧНО!
ЧПОК

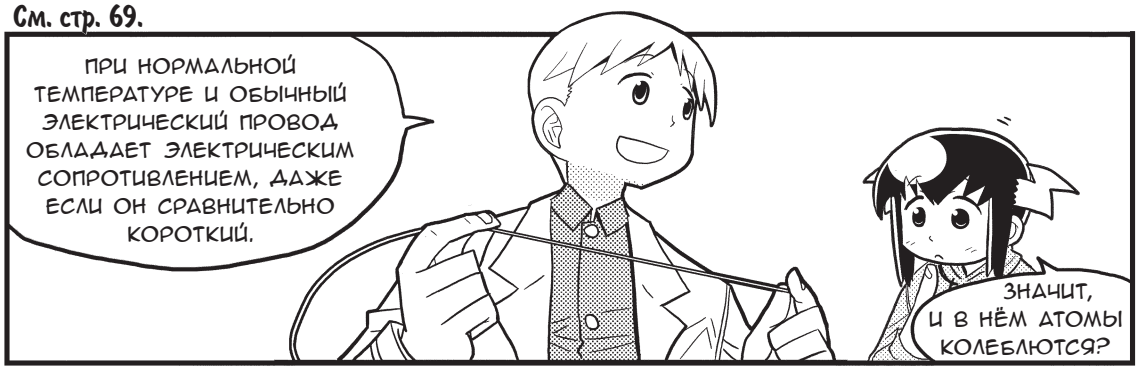
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ДЖОУЛЕВО ТЕПЛО
РЕРЭКО... ЧТО ЭТО?
МОМЕНЧО! ОБЫЧНАЯ ДЛЯ ЭЛЕКТОНИЦ ДОМАШНЯЯ ЕДА.
СТРАШНО ПОДУМАТЬ, ЧТО Я МОГУ ПРИВЫКНУТЬ К ТАКОЙ КУХНЕ...
ЧАВК
РАЗ ПРИШЛО ВРЕМЯ ОБЕДА, ДАВАЙ ПОГОВОРИМ О КАЛОРИЯХ... ИХ ИСПОЛЬЗУЮТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ПИЩЕ!
КАЛОРИЯ — ЭТО ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛА.
ДА?
НАПОДОБИЕ ТОГО, КАК ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЕТСЯ ПРИ ПИЩЕВАРЕНИИ...
...ОНО ТАКЖЕ ВЫДЕЛЯЕТСЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ТОКА ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО, ОБЛАДАЮЩЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ...
Тепло
Сопротивление


...И ЕГО НАЗЫВАЮТ **ДЖОУЛЕВО ТЕПЛО**.
СКРИП, СКРИП
ДЖОУЛЕВО ТЕПЛО... ЗАПИСАЛА!
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 **ДЖОУЛЯХ (ДЖ)**.
Ток течёт в течение времени t
Ток I
Сопротивление R
Тепло
$Q = I^2 \times R \times t$
А КАК ЖЕ КАЛОРИИ?
ЧТОБЫ НАГРЕТЬ 1 МЛ ЧИСТОЙ ВОДЫ ОТ 14,5 ДО 15,5°С ПРИ ДАВЛЕНИИ, РАВНОМ ОДНОЙ АТМОСФЕРЕ, НУЖНО ПРИМЕРНО 4,2 ДЖ, И ЭТО СООТВЕТСТВУЕТ ОДНОЙ КАЛОРИИ.
ХЛОП
Ага!
ТО ЕСТЬ ДЖОУЛИ МОЖНО ПЕРЕВОДИТЬ В КАЛОРИИ И ОБРАТНО!

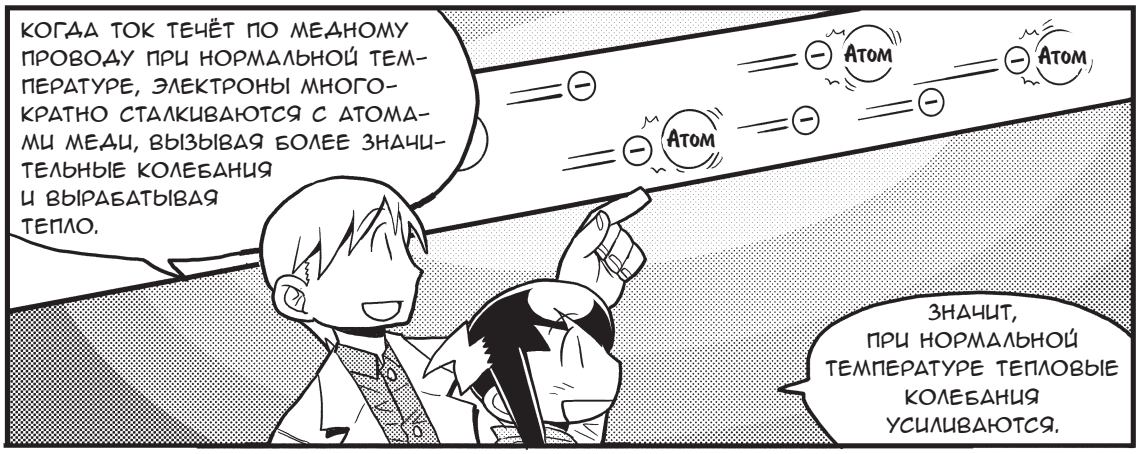
КАК ТОК СОЗДАЁТ ТЕПЛО
?
НО... ПОЧЕМУ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВЫРАБАТЫВАЕТ ТЕПЛО?
АТОМЫ, ИЗ КОТОРЫХ СОСТОИТ ВЕЩЕСТВО, ВСЕГДА ВИБРИРУЮТ.
Атом
Атом
Атом
ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ ТЕПЛОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ.
ЧТО?.. АТОМЫ КОЛЕБЛЮТСЯ?!
КАЧ-КАЧ
Атом
ТЕМПЕРАТУРА СООТВЕТСТВУЕТ ВЕЛИЧИНЕ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ, А КОГДА ПРЕДМЕТ НАГРЕВАЮТ, АТОМЫ, ИЗ КОТОРЫХ ОН СОСТОИТ, КОЛЕБЛЮТСЯ СИЛЬНЕЕ.
УХ ТЫ! ЗНАЧИТ, ЕСЛИ НЕ БУДЕТ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ, ТО И ТЕМПЕРАТУРЫ НЕ БУДЕТ?
СТОП
АТОМ
ВЕРНО! ТЕМПЕРАТУРА, ПРИ КОТОРОЙ ТЕПЛОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОТСУТСТВУЮТ, НАЗЫВАЕТСЯ АБСОЛЮТНЫМ НУЛЁМ, ЧТО СООТВЕТСТВУЕТ −273,15°С.
МОЖНО ЗАБИТЬ ГВОЗДЬ...
СТУК, СТУК
...ЗАМЁРЗШИМ БАНАНОМ!
ДА! ЭТОТ БАНАН ЗАМЁРЗ ТАК ЗАМЁРЗ!

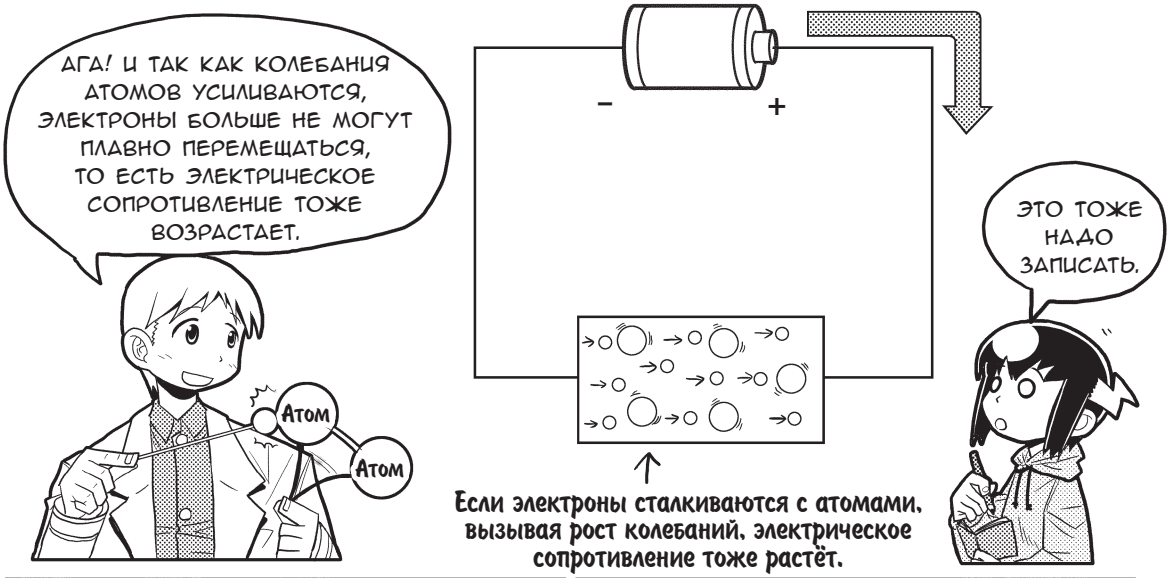

НЕДАВНО МЫ ГОВОРИЛИ, ЧТО НАГРУЗКА ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВОМ, НАЗЫВАЕМЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ, КОТОРОЕ МЕШАЕТ ПРОХОЖДЕНИЮ ТОКА.
ДА, Я ЭТО ПОМНЮ.
Атом
ВООБЩЕ-ТО ЭТО СВОЙСТВО СУЩЕСТВУЕТ ИЗ-ЗА КОЛЕБАНИЙ АТОМОВ.
НУ, КОНЕЧНО! КОЛЕБАНИЯ АТОМА ЗАТРУДНЯЮТ ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ.

См. стр. 69.

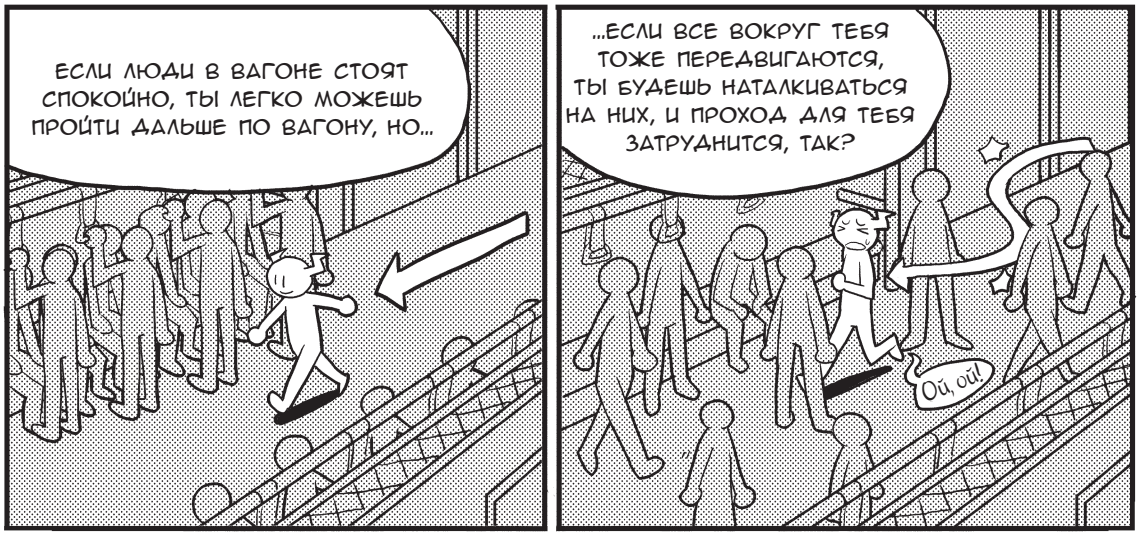

ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И ОБЫЧНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРОВОД ОБЛАДАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ, ДАЖЕ ЕСЛИ ОН СРАВНИТЕЛЬНО КОРОТКИЙ.
ЗНАЧИТ, И В НЁМ АТОМЫ КОЛЕБЛЮТСЯ?

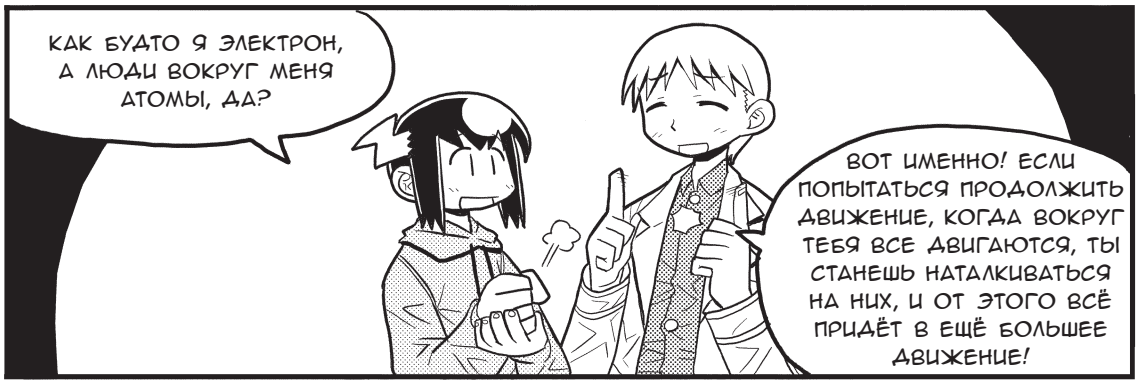
Атом
НО ЕСЛИ ОХЛАДИТЬ МЕДНЫЙ ПРОВОД ДО ТЕМПЕРАТУРЫ АБСОЛЮТНОГО НУЛЯ, ТО АТОМЫ МЕДИ СТАНОВЯТСЯ НЕПОДВИЖНЫ И ЭЛЕКТРОНЫ МОГУТ ПЕРЕДВИГАТЬСЯ, НЕ СТАЛКИВАЯСЬ С АТОМАМИ.
ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЮТ **СВЕРХПРОВОДИМОСТЬЮ**.
Сверхпроводимость
ТАКОЕ КЛАССНОЕ СЛОВО!


Когда ток течёт по медному проводу при нормальной температуре, электроны многократно сталкиваются с атомами меди, вызывая более значительные колебания и вырабатывая тепло.
Атом
Атом
Атом
Значит, при нормальной температуре тепловые колебания усиливаются.

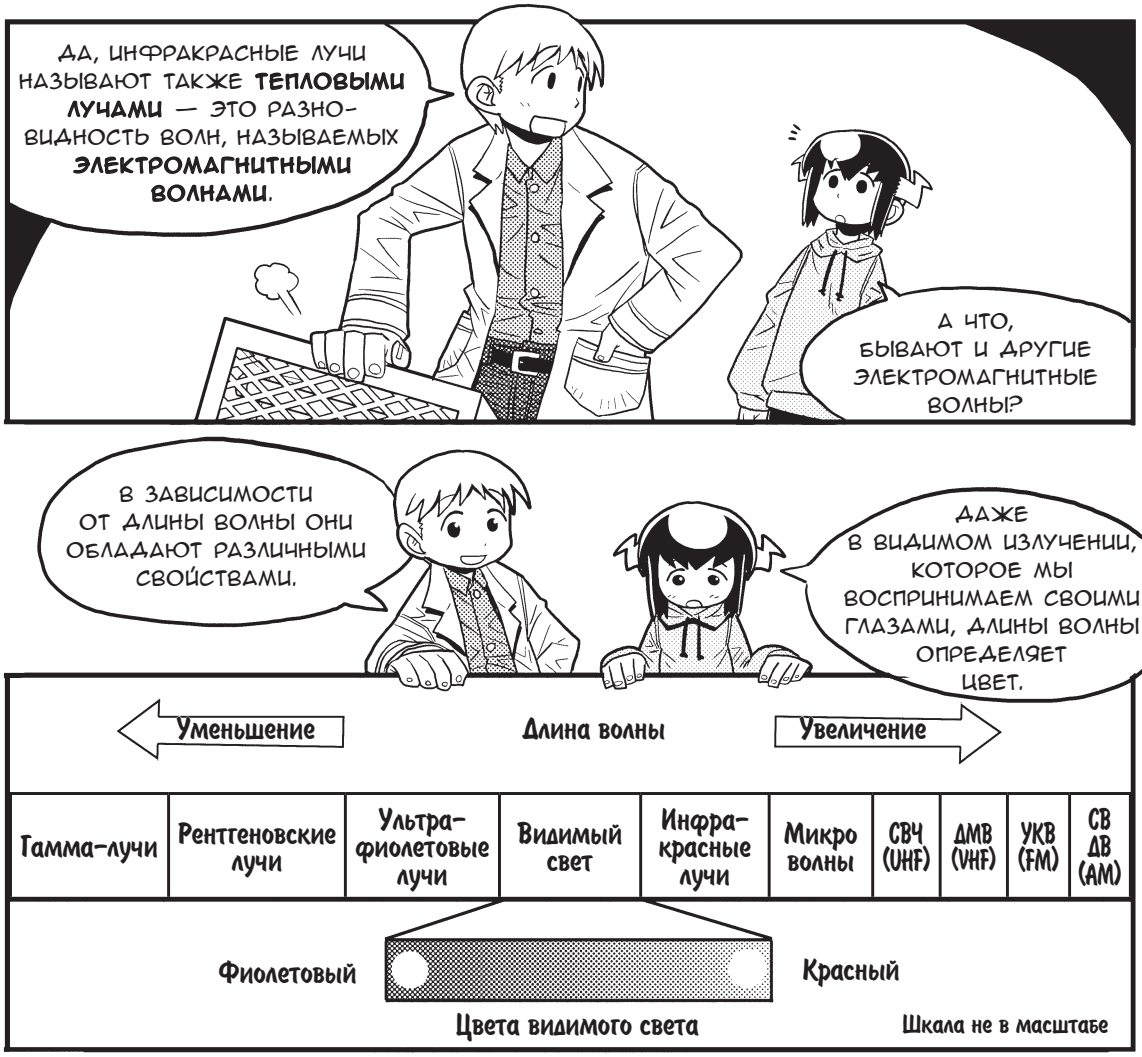

Ага! И так как колебания атомов усиливаются, электроны больше не могут плавно перемещаться, то есть электрическое сопротивление тоже возрастает.
Атом
Атом
–
+
Это тоже надо записать.
Если электроны сталкиваются с атомами, вызывая рост колебаний, электрическое сопротивление тоже растёт.

В общем случае с ростом температуры металла его сопротивление также растет.
Высокая температура = = высокое сопротивление
Низкая температура = = низкое сопротивление
Когда температура падает, уменьшается и сопротивление.
Например, представь, что ты ходишь по вагону электрички.
?
Это ещё зачем?


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?
Ой, ой!

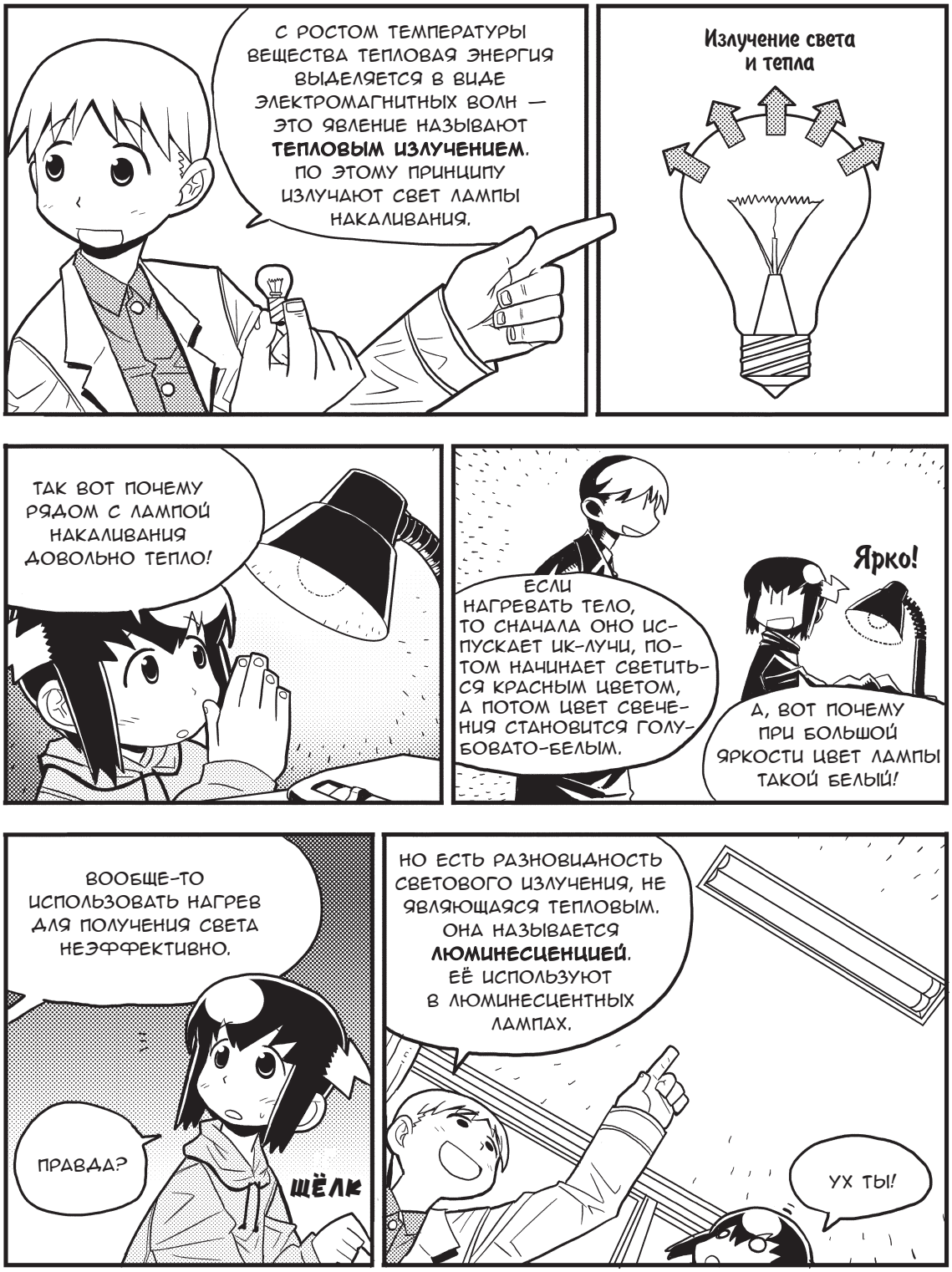

Как будто я электрон, а люди вокруг меня атомы, да?
Вот именно! Если попытаться продолжить движение, когда вокруг тебя все двигаются, ты станешь наталкиваться на них, и от этого всё придёт в ещё большее движение!

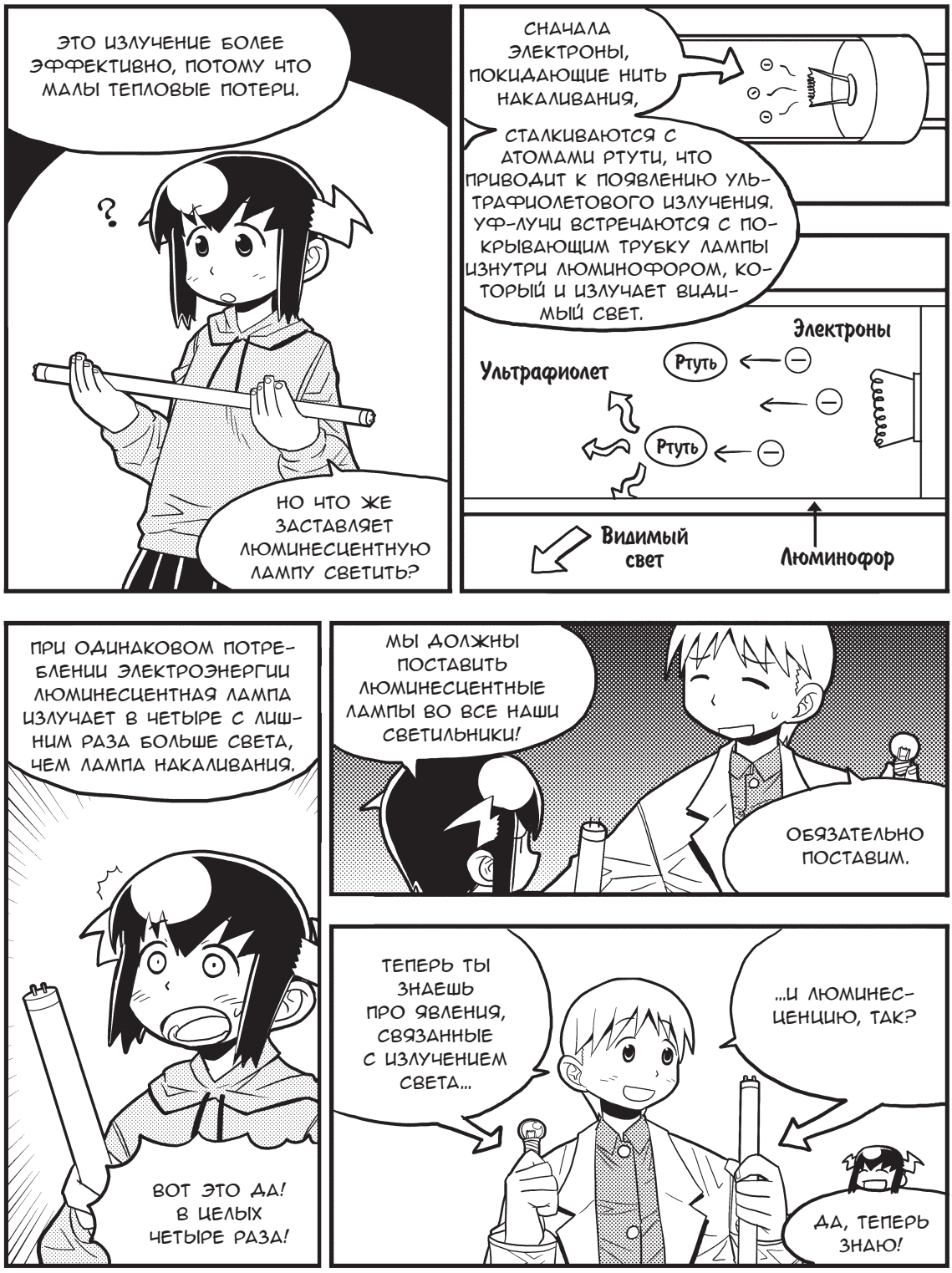
Тепловое излучение и люминесценция
Когда ток течёт, преодолевая сопротивление элемента цепи, температура этого элемента растёт.
В это время испускаются невидимые для невооружённого глаза инфракрасные лучи (ИК).
ИК-излучение
ИК-излучение
Сопротивление элемента цепи
ИК-излучение
Ток
ИК-излучение
ИК-излучение
Тепло от электропечи — это и есть ИК-лучи?!


Да, инфракрасные лучи называют также **тепловыми лучами** — это разновидность волн, называемых **электромагнитными волнами**.
А что, бывают и другие электромагнитные волны?
В зависимости от длины волны они обладают различными свойствами.
Даже в видимом излучении, которое мы воспринимаем своими глазами, длины волны определяет цвет.
Уменьшение
Длина волны
Увеличение
Гамма-лучи
Рентгеновские лучи
Ультра-фиолетовые лучи
Видимый свет
Инфра-красные лучи
Микро волны
СВЧ (UHF)
ДМВ (VHF)
УКВ (FM)
СВ ДВ (AM)
Фиолетовый
Красный
Цвета видимого света
Шкала не в масштабе

ИК-излучение
ИК-излучение
ИК-излучение
Сначала нить лампочки испускает ИК-лучи.

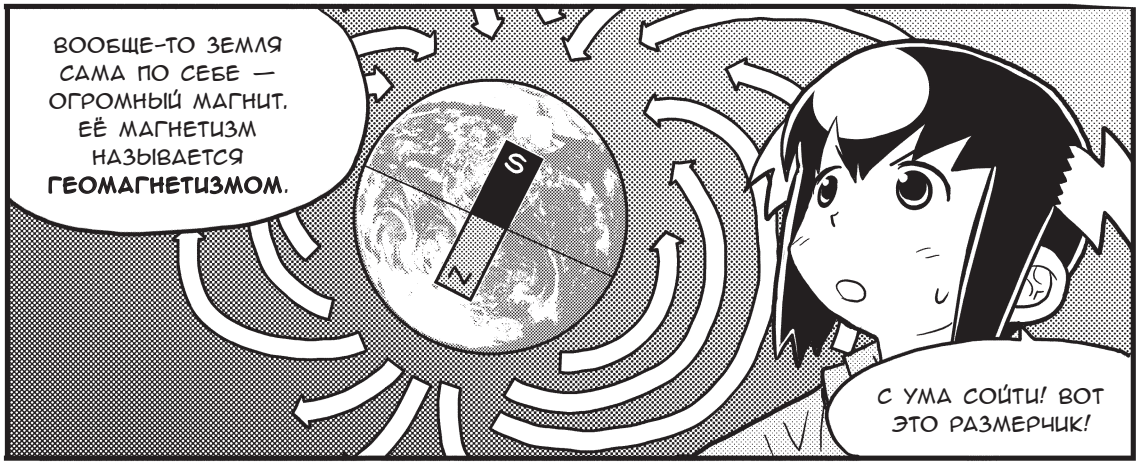
Ярко
Ослепительно!
А если температура растёт и дальше, начнёт испускаться видимый свет.

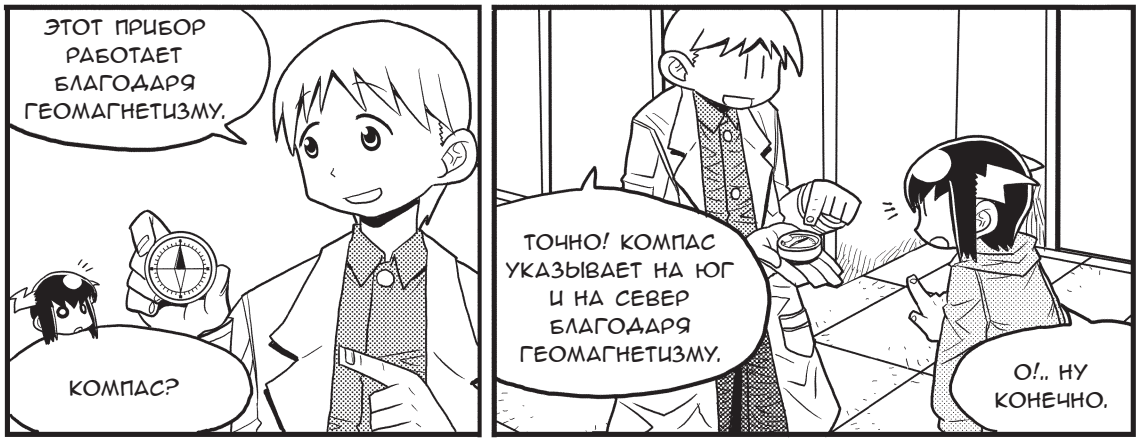

С РОСТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕЩЕСТВА ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ ВЫДЕЛЯЕТСЯ В ВИДЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН — ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЮТ **ТЕПЛОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**. ПО ЭТОМУ ПРИНЦИПУ ИЗЛУЧАЮТ СВЕТ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ.
Излучение света и тепла
ТАК ВОТ ПОЧЕМУ РЯДОМ С ЛАМПОЙ НАКАЛИВАНИЯ ДОВОЛЬНО ТЕПЛО!
ЕСЛИ НАГРЕВАТЬ ТЕЛО, ТО СНАЧАЛА ОНО ИСПУСКАЕТ ИК-ЛУЧИ, ПОТОМ НАЧИНАЕТ СВЕТИТЬСЯ КРАСНЫМ ЦВЕТОМ, А ПОТОМ ЦВЕТ СВЕЧЕНИЯ СТАНОВИТСЯ ГОЛУБОВАТО-БЕЛЫМ.
Ярко!
А, ВОТ ПОЧЕМУ ПРИ БОЛЬШОЙ ЯРКОСТИ ЦВЕТ ЛАМПЫ ТАКОЙ БЕЛЫЙ!
ВООБЩЕ-ТО ИСПОЛЬЗОВАТЬ НАГРЕВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТА НЕЭФФЕКТИВНО.
ПРАВДА?
ЩЁЛК
НО ЕСТЬ РАЗНОВИДНОСТЬ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, НЕ ЯВЛЯЮЩАЯСЯ ТЕПЛОВЫМ. ОНА НАЗЫВАЕТСЯ **ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЕЙ**. ЕЁ ИСПОЛЬЗУЮТ В ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМПАХ.
УХ ТЫ!

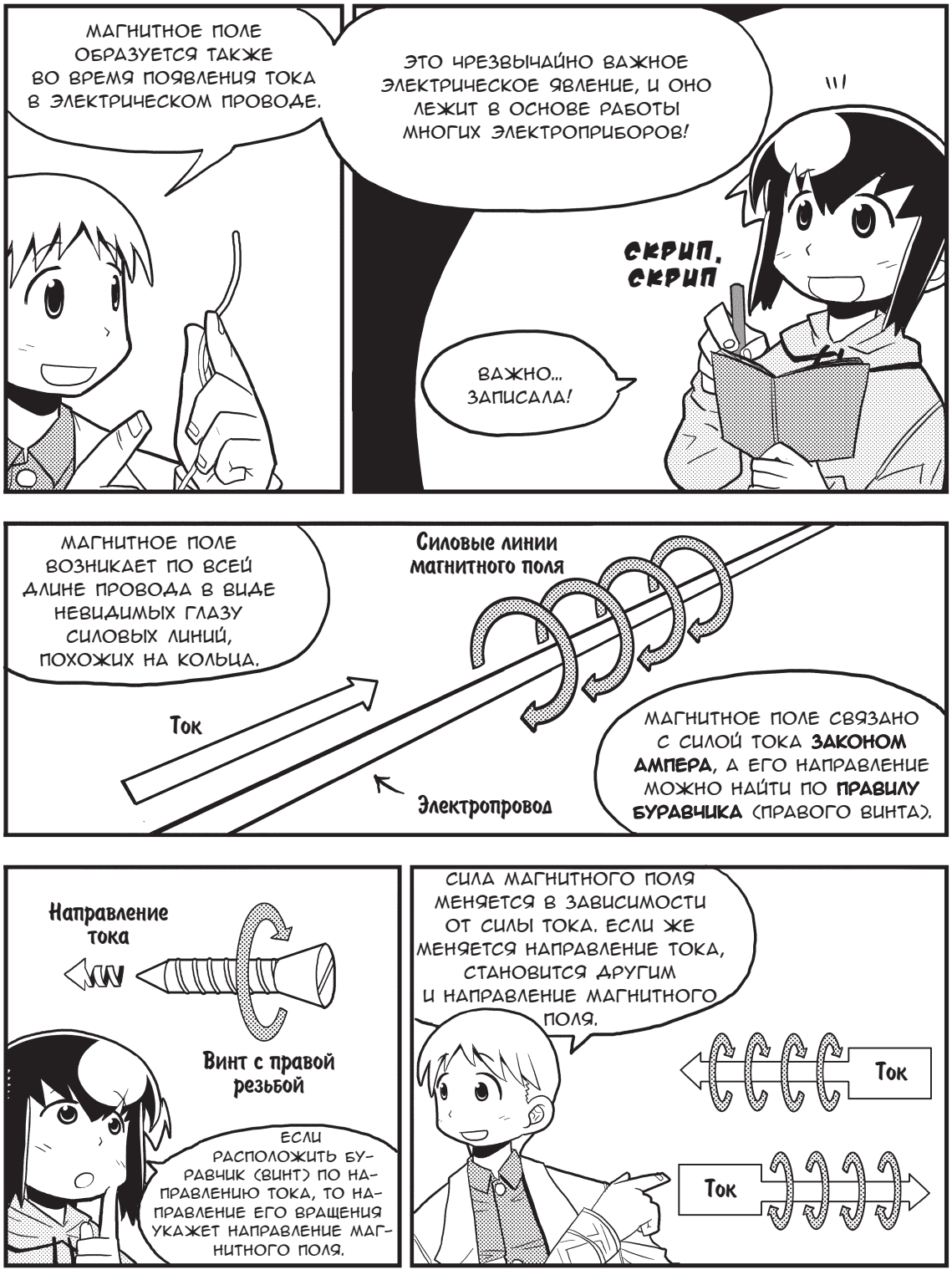

ЭТО ИЗЛУЧЕНИЕ БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНО, ПОТОМУ ЧТО МАЛЫ ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ.
?
НО ЧТО ЖЕ ЗАСТАВЛЯЕТ ЛЮМИНЕСЦЕНТНУЮ ЛАМПУ СВЕТИТЬ?
СНАЧАЛА ЭЛЕКТРОНЫ, ПОКИДАЮЩИЕ НИТЬ НАКАЛИВАНИЯ,
СТАЛКИВАЮТСЯ С АТОМАМИ РТУТИ, ЧТО ПРИВОДИТ К ПОЯВЛЕНИЮ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. УФ-ЛУЧИ ВСТРЕЧАЮТСЯ С ПОКРЫВАЮЩИМ ТРУБКУ ЛАМПЫ ИЗНУТРИ ЛЮМИНОФОРОМ, КОТОРЫЙ И ИЗЛУЧАЕТ ВИДИМЫЙ СВЕТ.
Электроны
Ультрафиолет
Ртуть
Ртуть
Видимый свет
Люминофор
ПРИ ОДИНАКОВОМ ПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ЛАМПА ИЗЛУЧАЕТ В ЧЕТЫРЕ С ЛИШНИМ РАЗА БОЛЬШЕ СВЕТА, ЧЕМ ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ.
ВОТ ЭТО ДА! В ЦЕЛЫХ ЧЕТЫРЕ РАЗА!
МЫ ДОЛЖНЫ ПОСТАВИТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ ВО ВСЕ НАШИ СВЕТИЛЬНИКИ!
ОБЯЗАТЕЛЬНО ПОСТАВИМ.
ТЕПЕРЬ ТЫ ЗНАЕШЬ ПРО ЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗЛУЧЕНИЕМ СВЕТА...
...И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ, ТАК?
ДА, ТЕПЕРЬ ЗНАЮ!

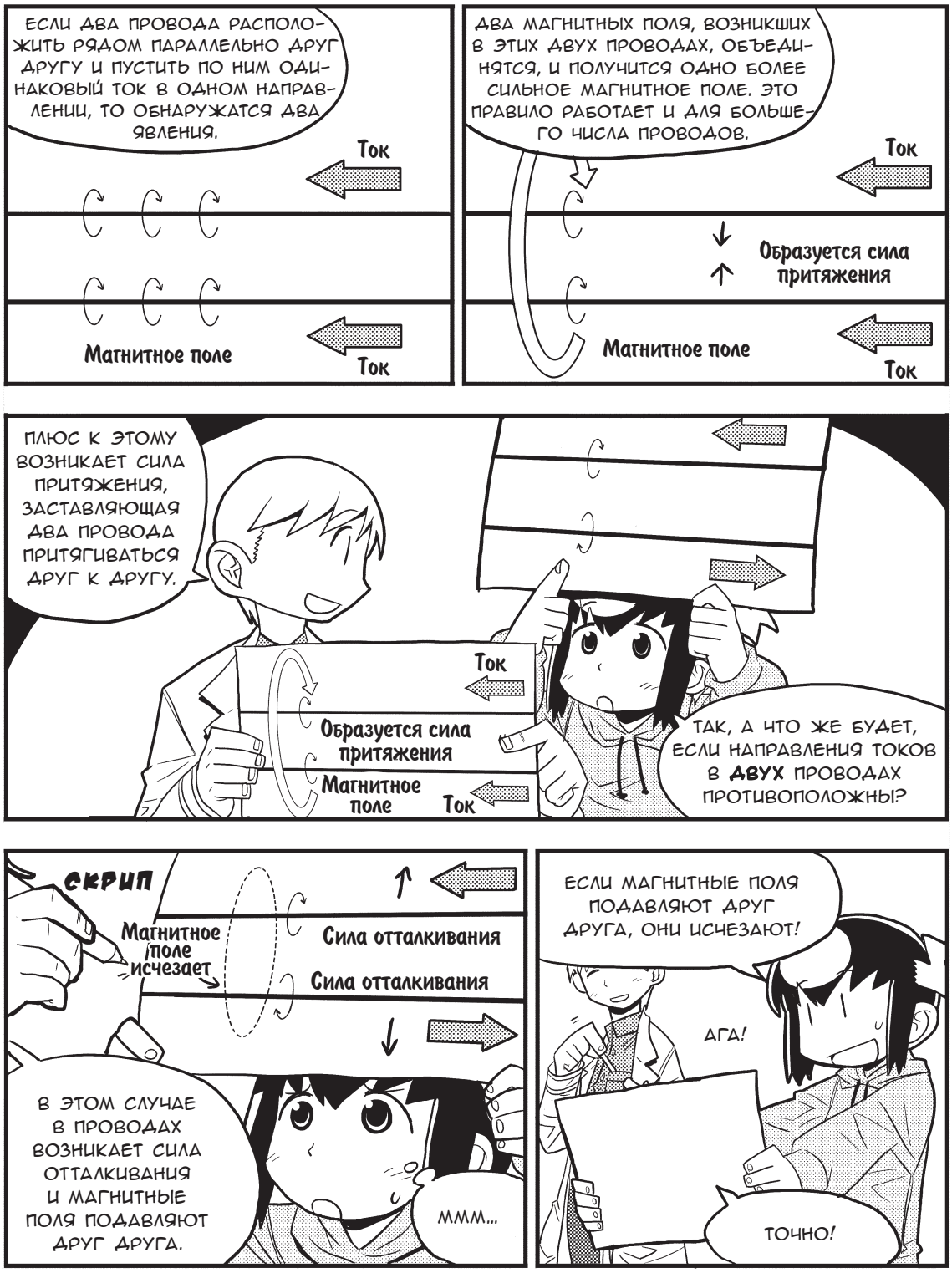
3.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

ЛИНИИ, ИСХОДЯЩИЕ ИЗ **МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ**, НАЗЫВАЮТ **СИЛОВЫМИ ЛИНИЯМИ**. ОНИ ХАРАКТЕРИЗУЮТ **МАГНИТНОЕ ПОЛЕ** И НАПРАВЛЕНЫ ОТ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА (N) К ЮЖНОМУ (S).
ЗНАЧИТ, ОНИ ИМЕЮТ НАПРАВЛЕНИЕ...
N
S

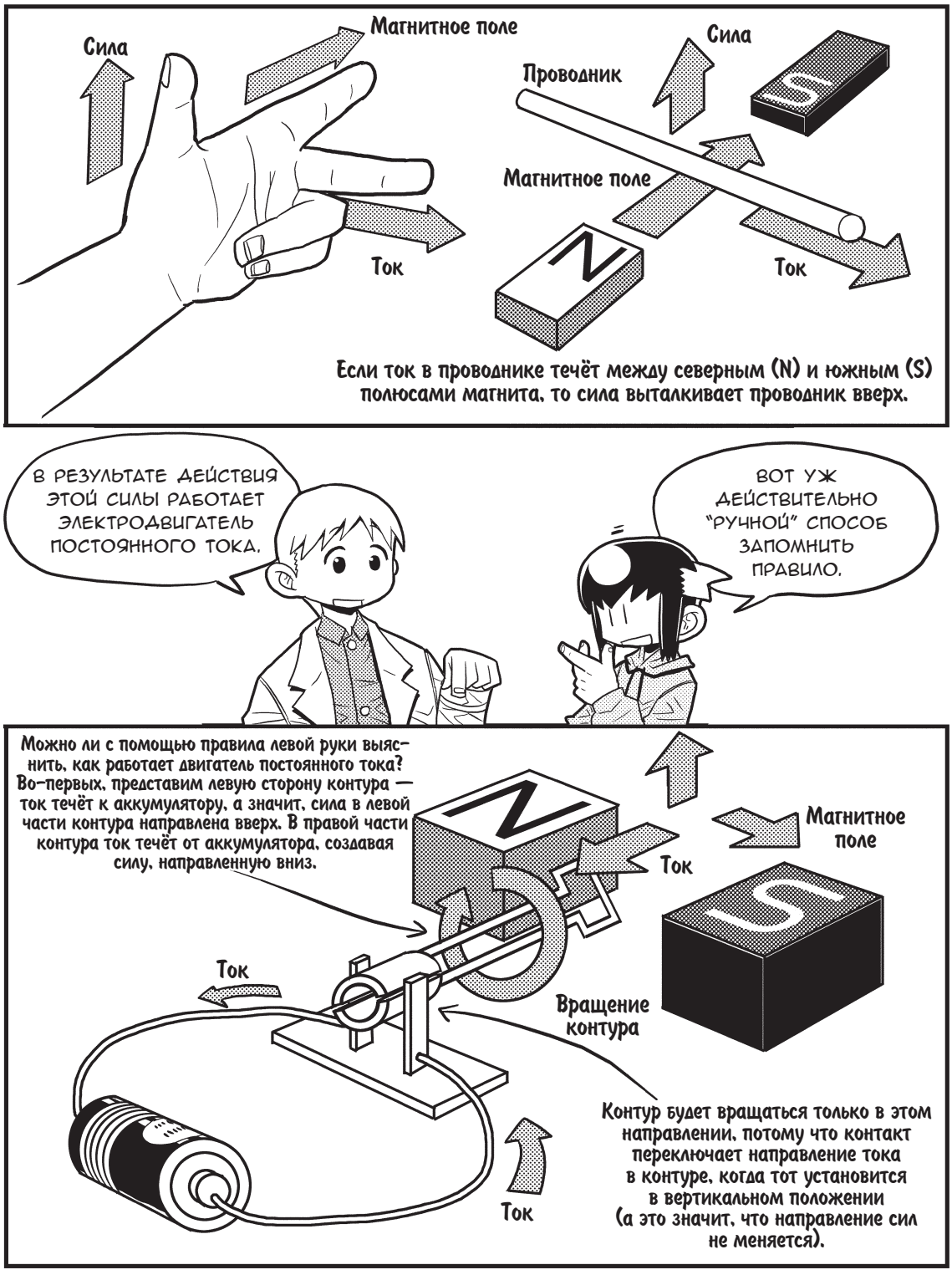

ВООБЩЕ-ТО ЗЕМЛЯ САМА ПО СЕБЕ — ОГРОМНЫЙ МАГНИТ. ЕЁ МАГНЕТИЗМ НАЗЫВАЕТСЯ **ГЕОМАГНЕТИЗМОМ**.
S
N
С УМА СОЙТИ! ВОТ ЭТО РАЗМЕРЧИК!

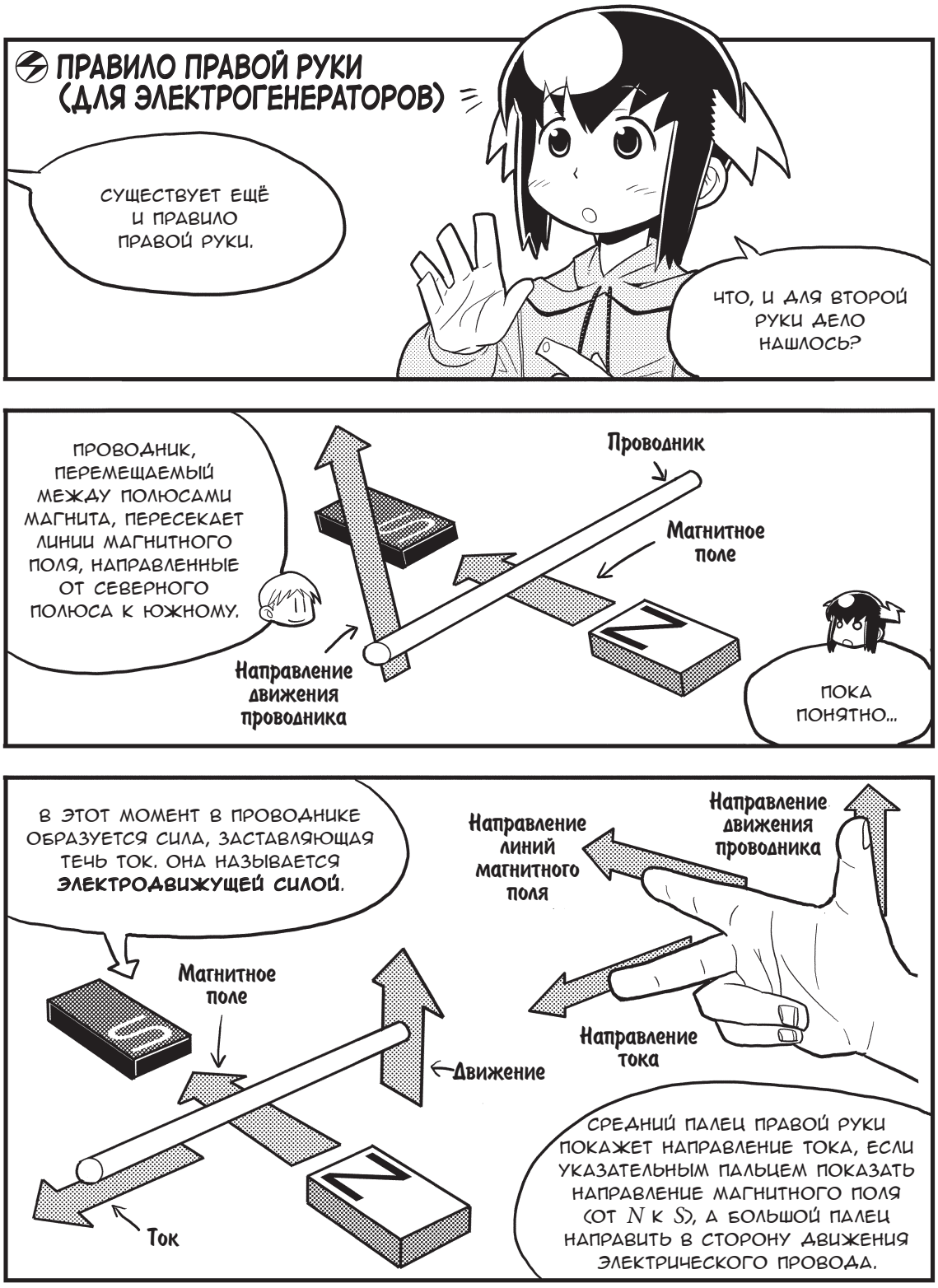

ЭТОТ ПРИБОР РАБОТАЕТ БЛАГОДАРЯ ГЕОМАГНЕТИЗМУ.
КОМПАС?
ТОЧНО! КОМПАС УКАЗЫВАЕТ НА ЮГ И НА СЕВЕР БЛАГОДАРЯ ГЕОМАГНЕТИЗМУ.
О!.. НУ КОНЕЧНО.

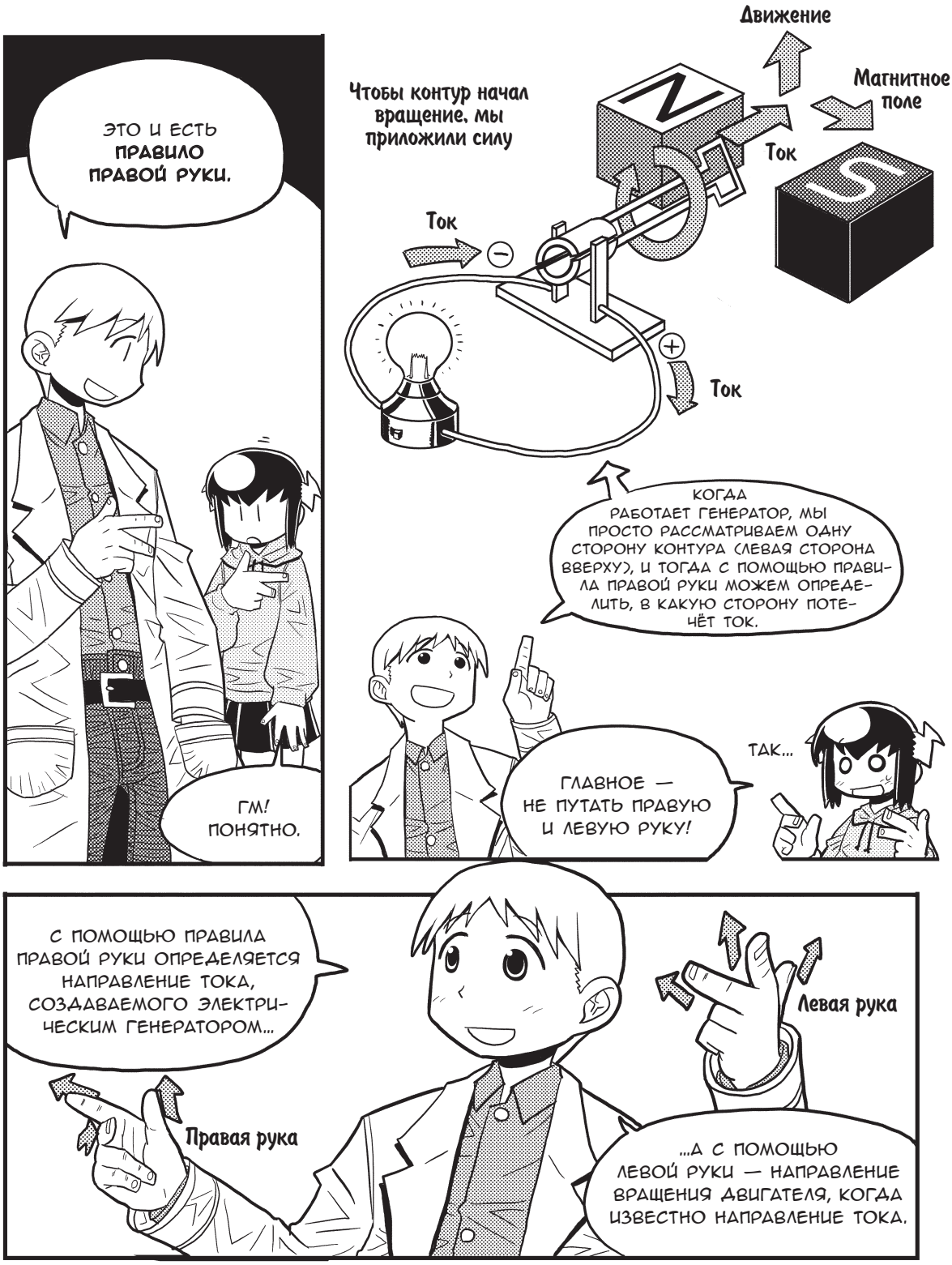

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ОБРАЗУЕТСЯ ТАКЖЕ ВО ВРЕМЯ ПОЯВЛЕНИЯ ТОКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПРОВОДЕ.
ЭТО ЧРЕЗВЫЧАЙНО ВАЖНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ, И ОНО ЛЕЖИТ В ОСНОВЕ РАБОТЫ МНОГИХ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ!
!!!
СКРИП, СКРИП
ВАЖНО... ЗАПИСАЛА!
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ВОЗНИКАЕТ ПО ВСЕЙ ДЛИНЕ ПРОВОДА В ВИДЕ НЕВИДИМЫХ ГЛАЗУ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ, ПОХОЖИХ НА КОЛЬЦА.
Силовые линии магнитного поля
Ток
Электропровод
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СВЯЗАНО С СИЛОЙ ТОКА **ЗАКОНОМ АМПЕРА**, А ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ МОЖНО НАЙТИ ПО **ПРАВИЛУ БУРАВЧИКА** (ПРАВОГО ВИНТА).
Направление тока
Винт с правой резьбой
ЕСЛИ РАСПОЛОЖИТЬ БУРАВЧИК (ВИНТ) ПО НАПРАВЛЕНИЮ ТОКА, ТО НАПРАВЛЕНИЕ ЕГО ВРАЩЕНИЯ УКАЖЕТ НАПРАВЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.
СИЛА МАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕНЯЕТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИЛЫ ТОКА. ЕСЛИ ЖЕ МЕНЯЕТСЯ НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА, СТАНОВИТСЯ ДРУГИМ И НАПРАВЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.
Ток
Ток


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!

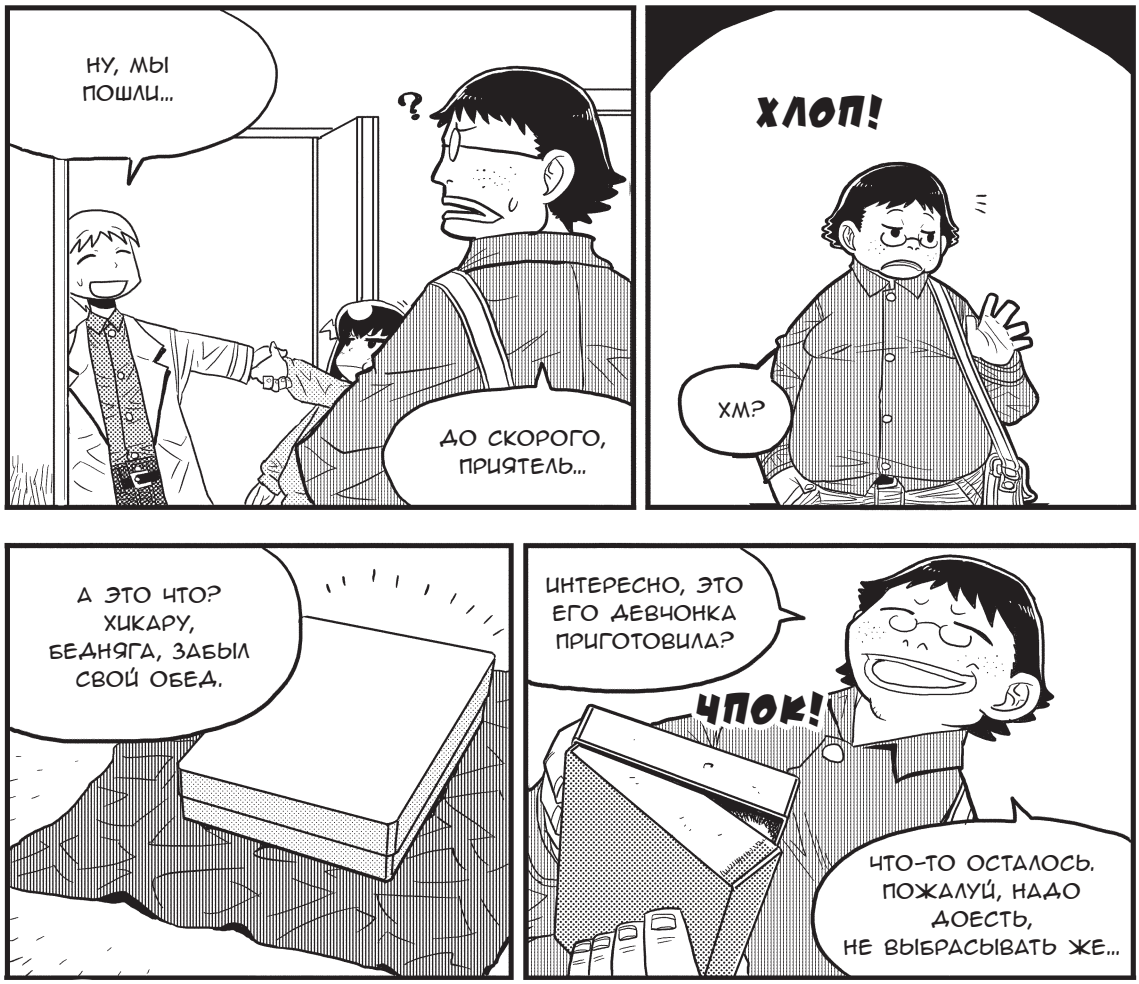
ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ (ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА)
РЕРЭКО, ЗНАЕШЬ, ЧТО ЭТО ТАКОЕ?
НУ КОНЕЧНО, ХИКАРУ-САН!
БАЦ!
ТЫ ПОКАЗЫВАЕШЬ КАМЕНЬ, НОЖНИЦЫ И БУМАГУ. ЭТО БЕСПРОИГРЫШНАЯ КОМБИНАЦИЯ!
Бумага
Ножницы
Камень
НЕТ, Я НЕ ПРО ИГРУ "КАМЕНЬ, НОЖНИЦЫ, БУМАГА".
ЭТО ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ, ПО КОТОРОМУ ОПРЕДЕЛЯЮТ НАПРАВЛЕНИЕ 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 МАГНИТНОГО 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 НАПРАВЛЕНА СИЛА.


Сила
Магнитное поле
Ток
Проводник
Сила
S
Магнитное поле
N
Ток
Если ток в проводнике течёт между северным (N) и южным (S) полюсами магнита, то сила выталкивает проводник вверх.
В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ ЭТОЙ СИЛЫ РАБОТАЕТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА.
ВОТ УЖ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО "РУЧНОЙ" СПОСОБ ЗАПОМНИТЬ ПРАВИЛО.
Можно ли с помощью правила левой руки выяснить, как работает двигатель постоянного тока? Во-первых, представим левую сторону контура — ток течёт к аккумулятору, а значит, сила в левой части контура направлена вверх. В правой части контура ток течёт от аккумулятора, создавая силу, направленную вниз.
N
Ток
Магнитное поле
S
Ток
Вращение контура
Ток
Контур будет вращаться только в этом направлении, потому что контакт переключает направление тока в контуре, когда тот установится в вертикальном положении (а это значит, что направление сил не меняется).

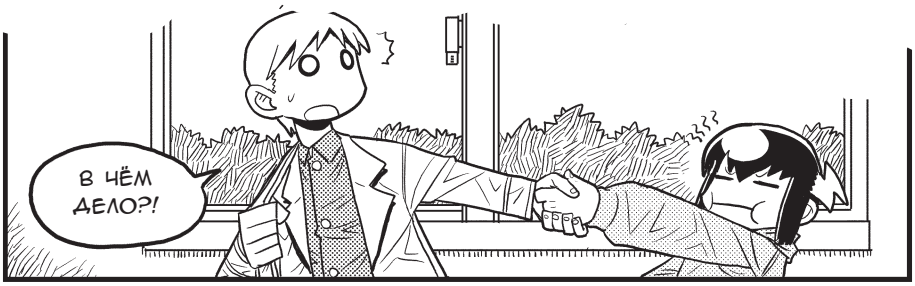

ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ (ДЛЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ)
СУЩЕСТВУЕТ ЕЩЁ И ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ.
ЧТО, И ДЛЯ ВТОРОЙ РУКИ ДЕЛО НАШЛОСЬ?
ПРОВОДНИК, ПЕРЕМЕЩАЕМЫЙ МЕЖДУ ПОЛЮСАМИ МАГНИТА, ПЕРЕСЕКАЕТ ЛИНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ ОТ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА К ЮЖНОМУ.
Проводник
Магнитное поле
Направление движения проводника
S
N
ПОКА ПОНЯТНО...
В ЭТОТ МОМЕНТ В ПРОВОДНИКЕ ОБРАЗУЕТСЯ СИЛА, ЗАСТАВЛЯЮЩАЯ ТЕЧЬ ТОК. ОНА НАЗЫВАЕТСЯ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛОЙ.
Направление линий магнитного поля
Направление движения проводника
Магнитное поле
Движение
Направление тока
Ток
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.


ЭТО И ЕСТЬ ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ.
ГМ! ПОНЯТНО.
Чтобы контур начал вращение, мы приложили силу
Движение
Магнитное поле
Ток
Ток
Ток
КОГДА РАБОТАЕТ ГЕНЕРАТОР, МЫ ПРОСТО РАССМАТРИВАЕМ ОДНУ СТОРОНУ КОНТУРА (ЛЕВАЯ СТОРОНА ВВЕРХУ), И ТОГДА С ПОМОЩЬЮ ПРАВИЛА ПРАВОЙ РУКИ МОЖЕМ ОПРЕДЕЛИТЬ, В КАКУЮ СТОРОНУ ПОТЕЧЁТ ТОК.
ГЛАВНОЕ — НЕ ПУТАТЬ ПРАВУЮ И ЛЕВУЮ РУКУ!
ТАК...
С ПОМОЩЬЮ ПРАВИЛА ПРАВОЙ РУКИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА, СОЗДАВАЕМОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ...
Правая рука
Левая рука
...А С ПОМОЩЬЮ ЛЕВОЙ РУКИ — НАПРАВЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ, КОГДА ИЗВЕСТНО НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА.

МОЖЕТ, НА СЕГОДНЯ ХВАТИТ?
УРА!
ЩЁЛК
ПРИВЕТ!
ХИКАРУ... ЧТО ЗА ИГРЫ В ЛАБОРАТОРИИ?
ЭЙ! ПРИВЕ-Е-Е-Т!
МЫ НЕ ИГРАЕМ...
ОГО! ТЫ ПРИВЁЛ СЮДА СВОЮ ПОДРУЖКУ!
ЧТО?
ПОД... ПОДРУЖКУ? НЕ-Е...
ТЫ ЗАБЛУЖДАЕШЬСЯ! ЭТО МОЯ ДВОЮРОДНАЯ СЕСТРА.
ЛА-А-А-НО... КАК СКАЖЕШЬ...
ГМ...
ЭТО АБСОЛЮТНАЯ ПРАВДА! ТАК ЧТО НЕ ДУМАЙ НИЧЕГО ТАКОГО...



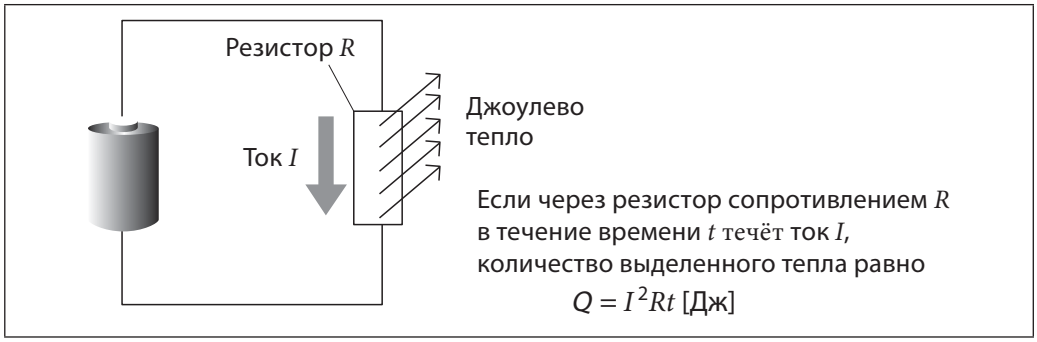
ФУ, ГА-А-А-А-ДОСТЬ!



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 Дж = 1 Вт·с (ватт-секунда). Один джоуль равен 1 кг × м^2/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.

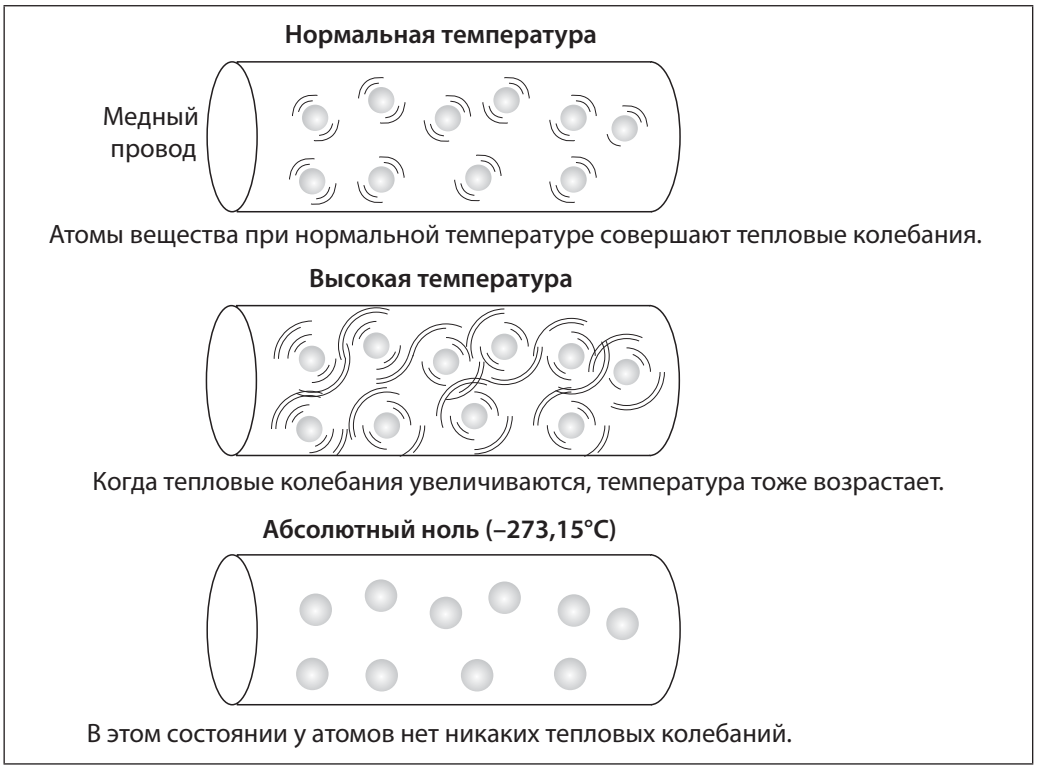
ТЕПЛОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ

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°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!

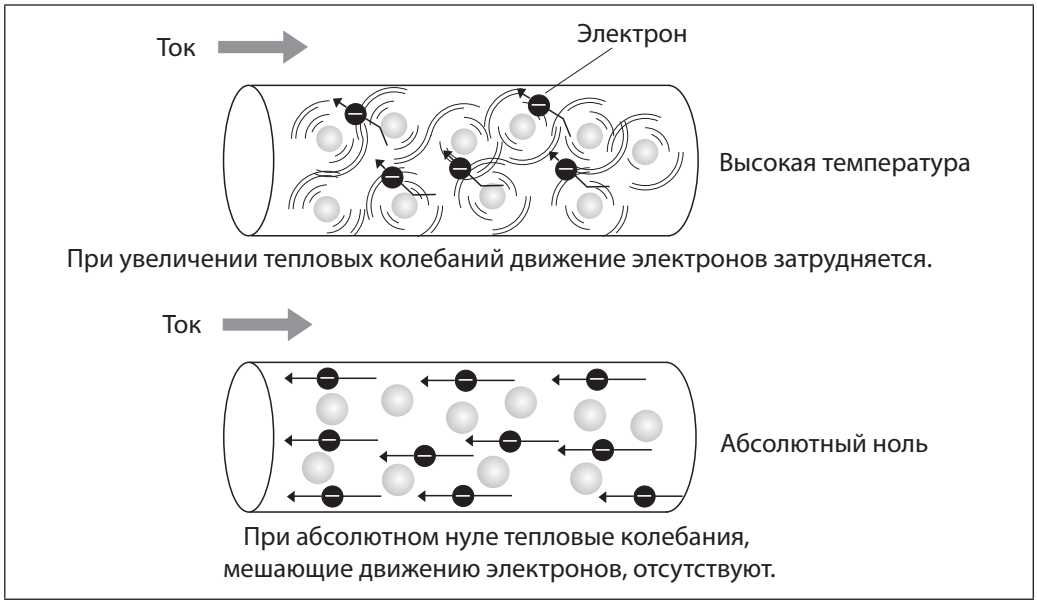


Тепловые колебания и температура.

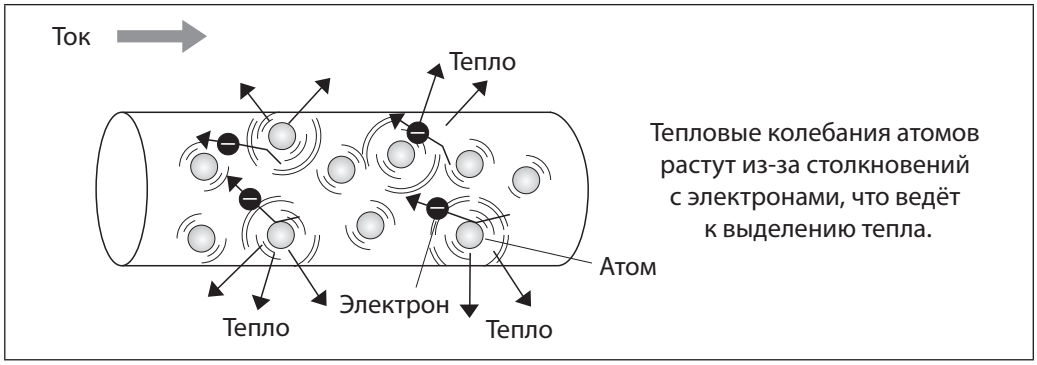
Явление, при котором сопротивление материала становится нулевым, называют *сверхпроводимостью*.

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.

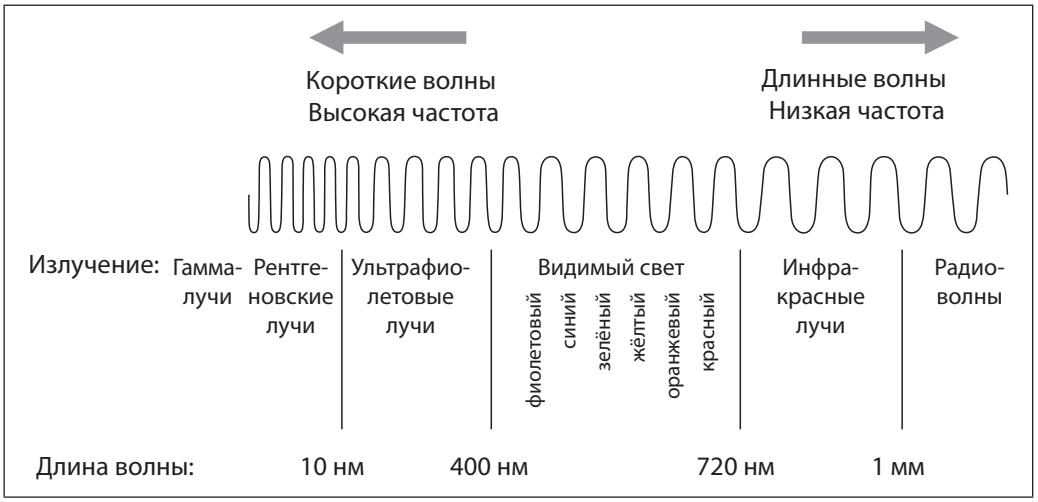
В проводах при нормальной температуре электроны многократно сталкиваются с атомами, что увеличивает их колебания, а значит,

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 телевещания 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.



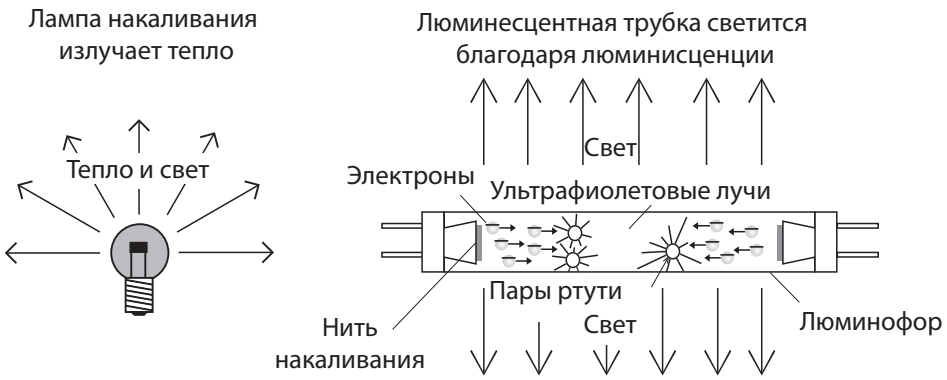
Длина волны и классификация электромагнитных волн.

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.

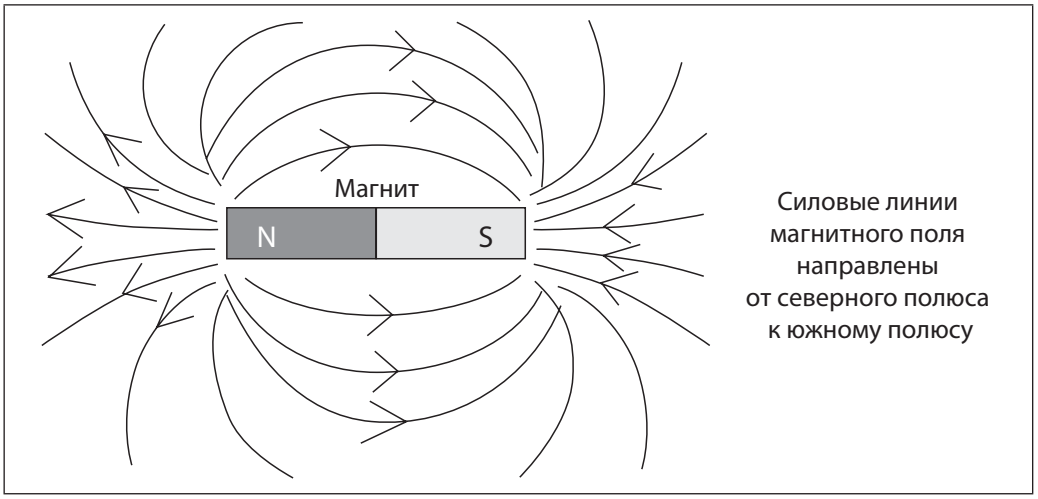
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

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)*

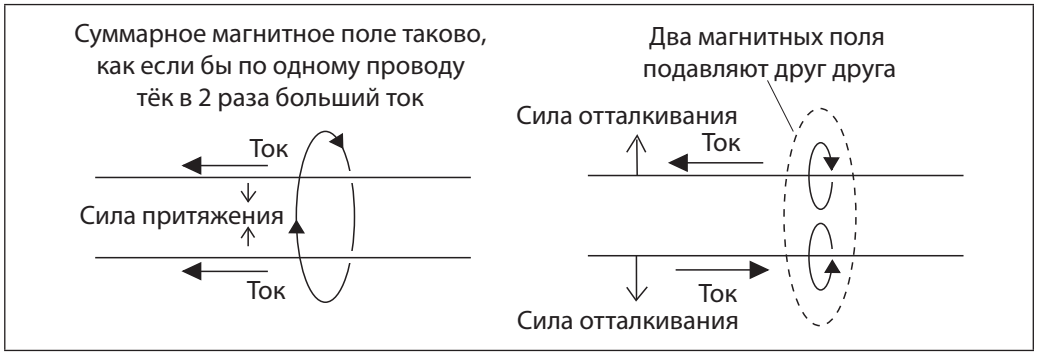
направлены по часовой стрелке. Величина магнитного поля меняется в зависимости от силы тока; если меняется направление тока, направление магнитного поля тоже меняется.



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 тёк 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).

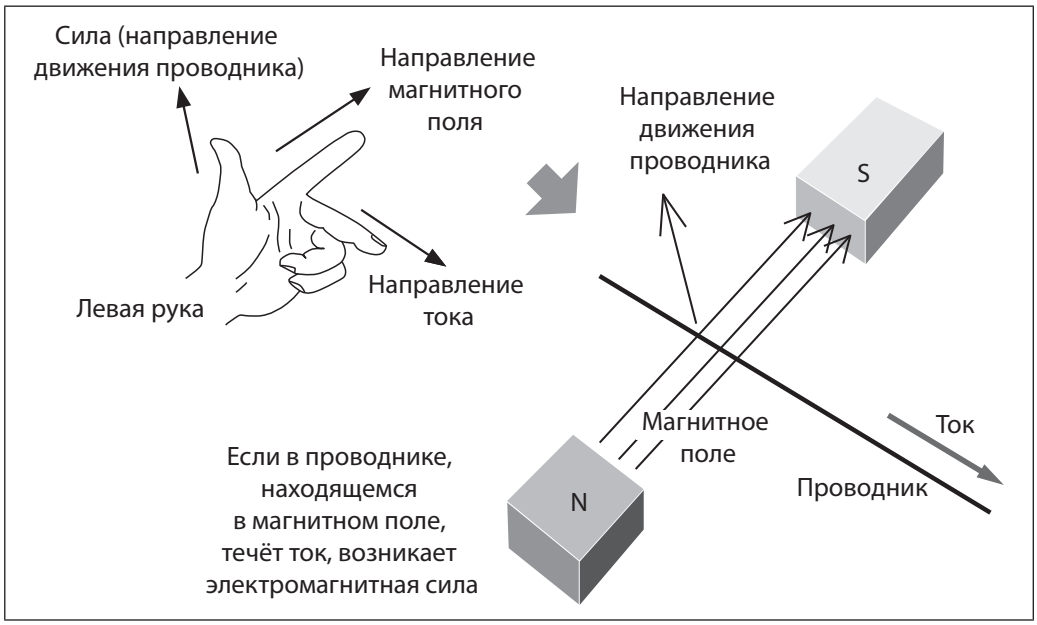


Силы, возникающие при протекании тока в двух проводниках.

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

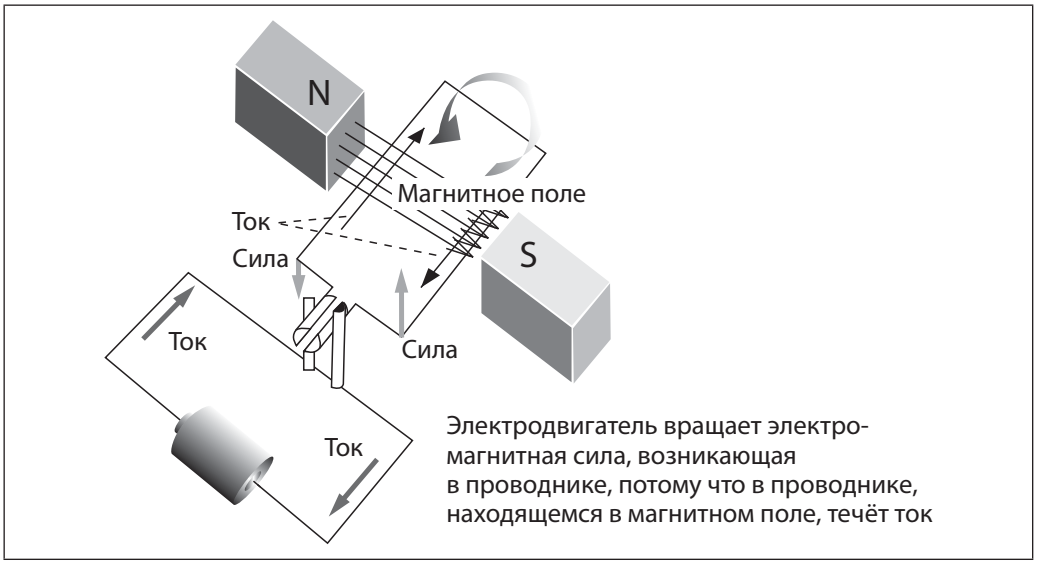
ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ И ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

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.

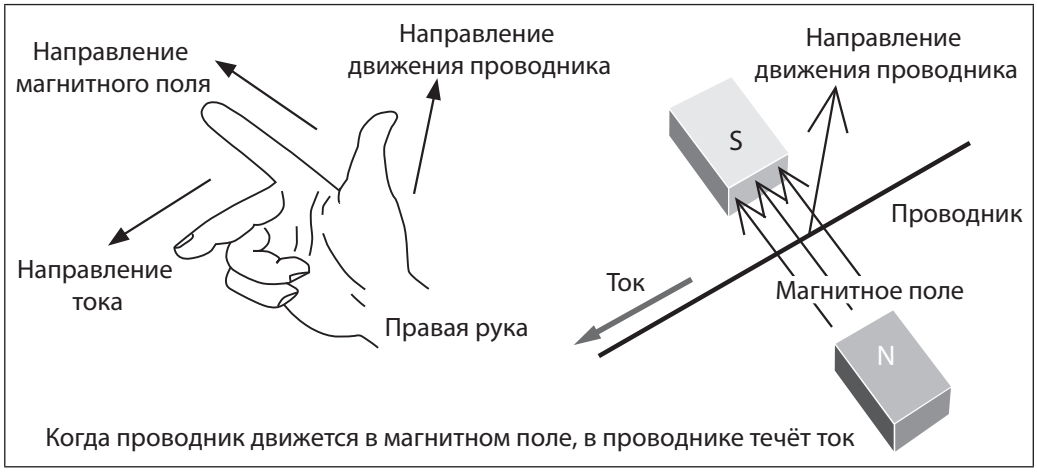
Это правило гласит: если поставить большой, средний и указательный пальцы левой руки перпендикулярно друг другу так, чтобы указательный палец указывал направление магнитного поля, а средний палец — направление тока, то большой палец укажет направление движения проводника (направление электромагнитной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



Вращение электродвигателя.

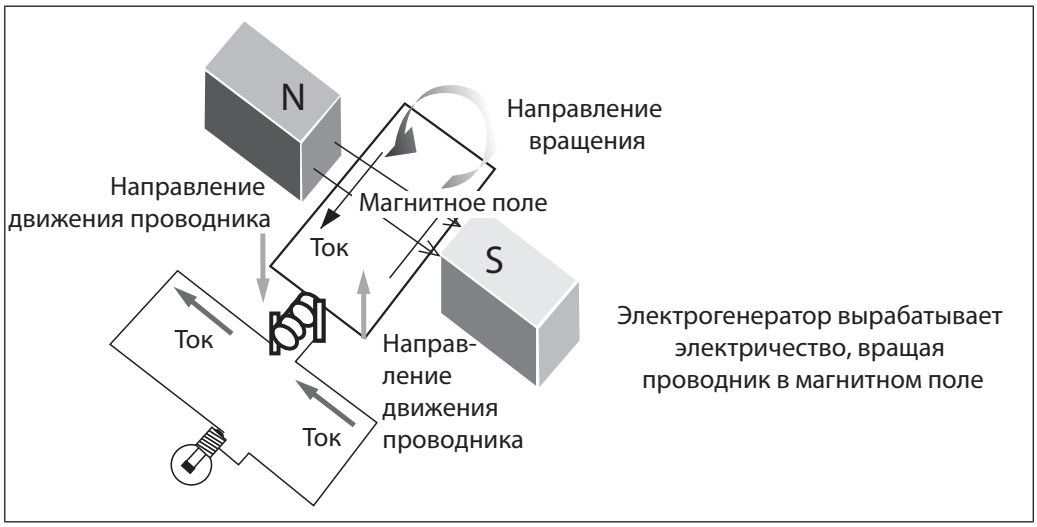
ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

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.

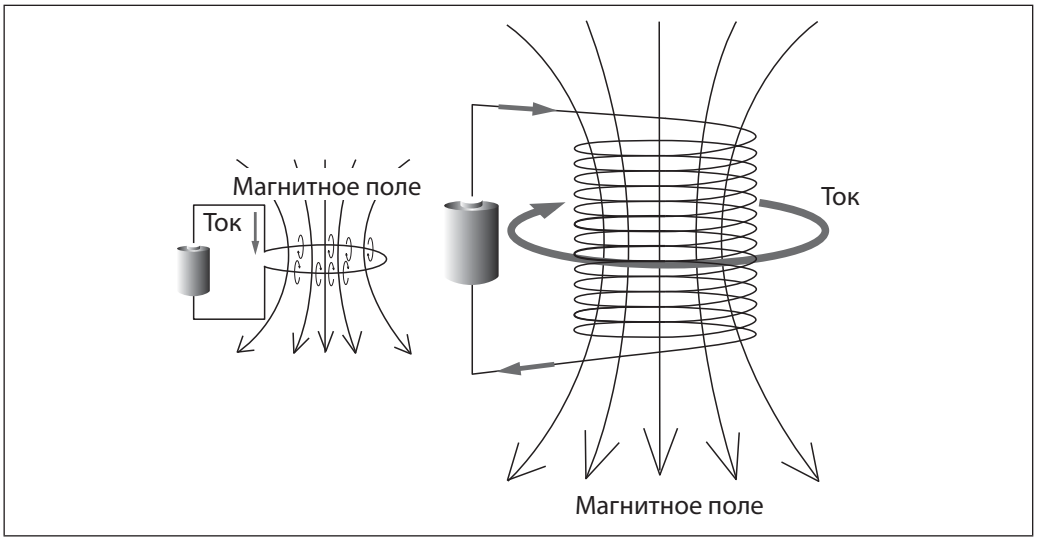
Чтобы генератор непрерывно производил ток, необходимо постоянное вращение контура в магнитном поле. Чтобы контур не прекращал вращения, к нему надо постоянно прикладывать силу. Это может быть сила падающей воды, как в гидрогенераторе, или сила находящегося под давлением пара, как на тепловых или атомных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



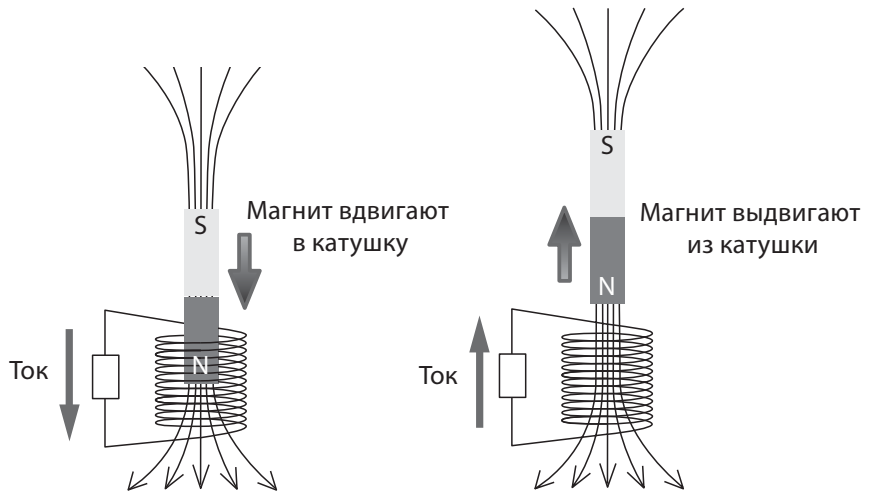
Магнитное поле, созданное катушкой индуктивности.

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.



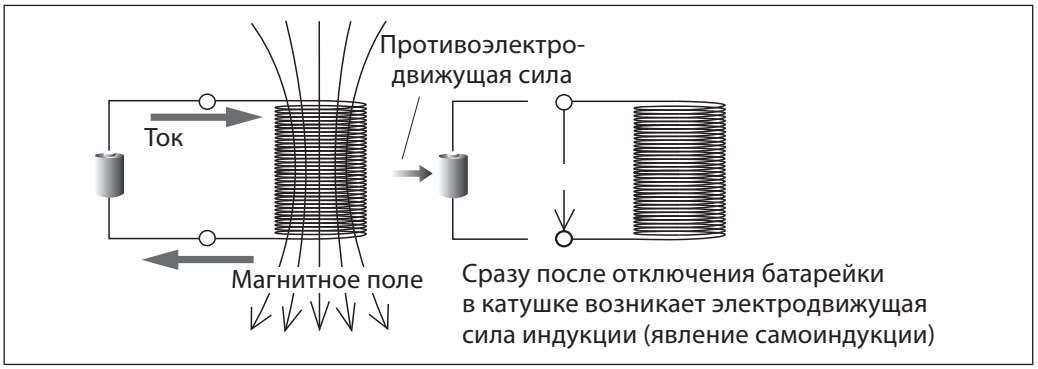
Если в катушку вдвигать магнит, в ней индуцируется ток, который создаёт магнитное поле, противоположное магнитному полю магнита.
Если магнит выдвигать, направление индуцированного тока меняется, и создаваемое им магнитное поле вновь противоположно магнитному полю магнита.

Электромагнитная индукция.

КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ

Если создать в катушке ток, подключив её к батарейке, 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 противоэлектродействующей 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 четвёртую 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 временно́е отставание называют *сдвигом по фазе*. Катушка выступает в роли сопротивления для тока, поэтому это свойство катушки

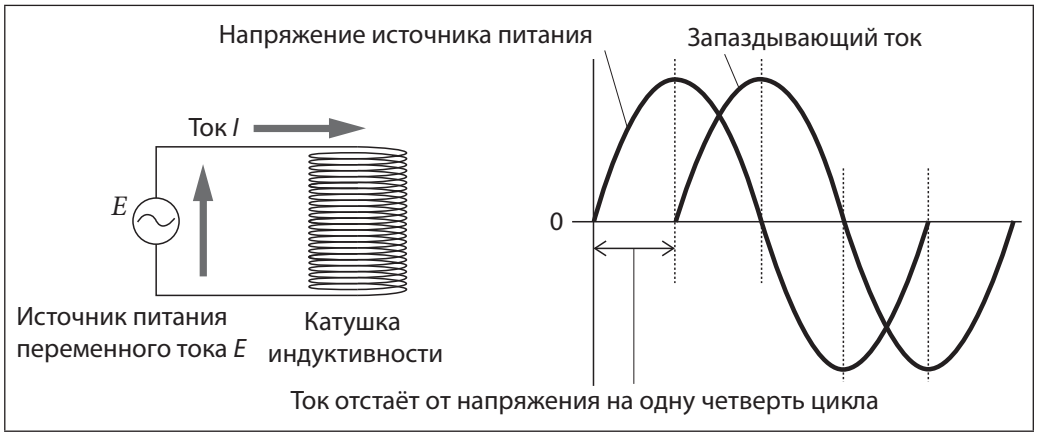
называют *индуктивным реактивным сопротивлением*. Величина этого сопротивления пропорциональна частоте переменного тока.

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.

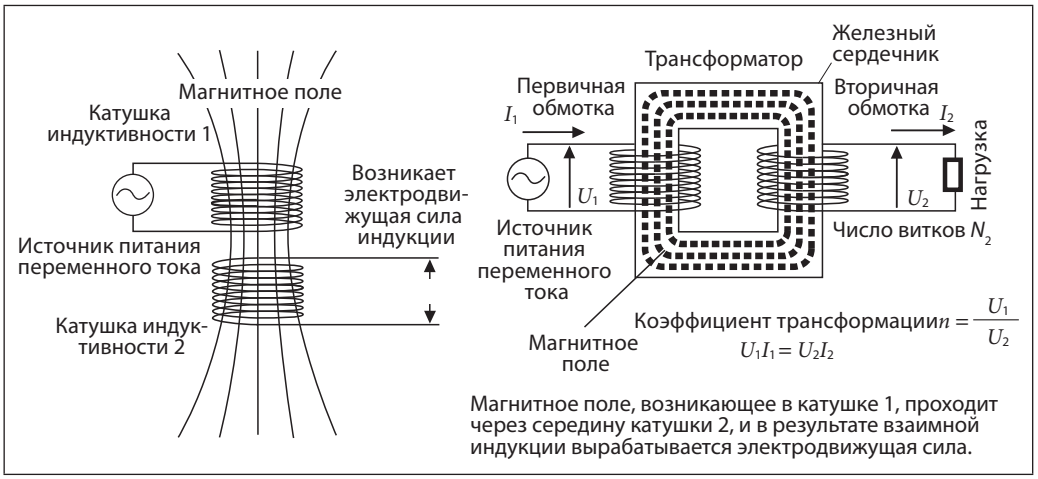
КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

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.

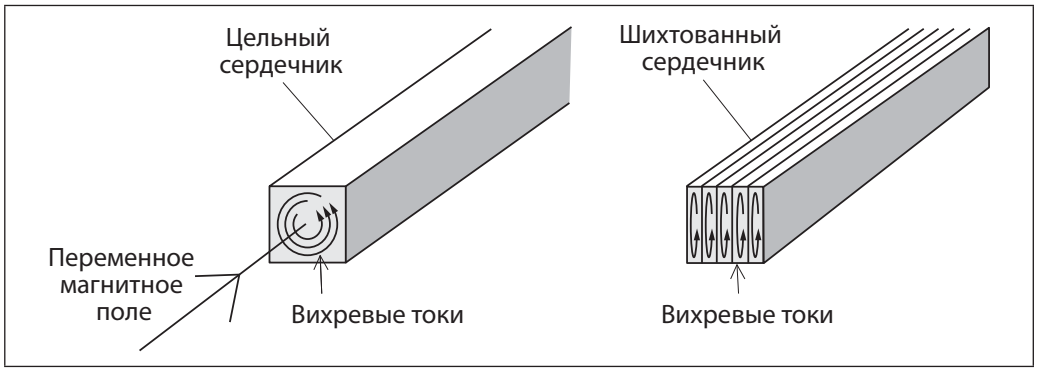
Отношение напряжения на первичной обмотке (U_1) к напряжению на вторичной обмотке (U_2) называют *коэффициентом трансформации*. Произведение напряжения и тока первичной обмотки равно произведению напряжения и тока вторичной обмотки. Другими словами, трансформатор изменяет только напряжение, но не влияет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

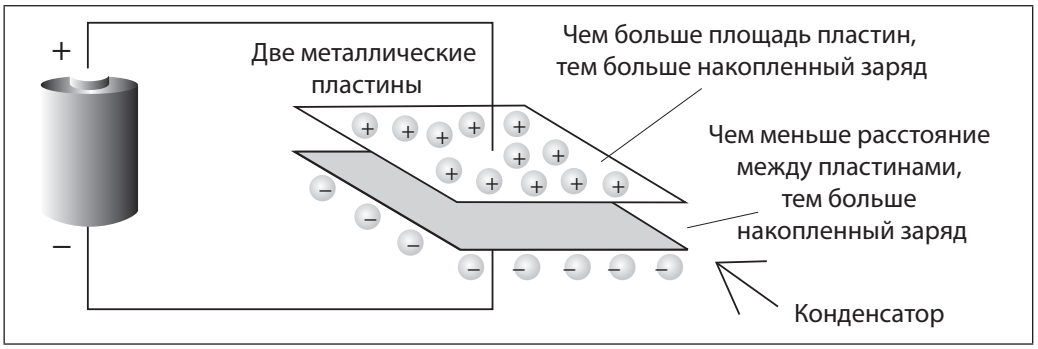
КОНДЕНСАТОРЫ

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

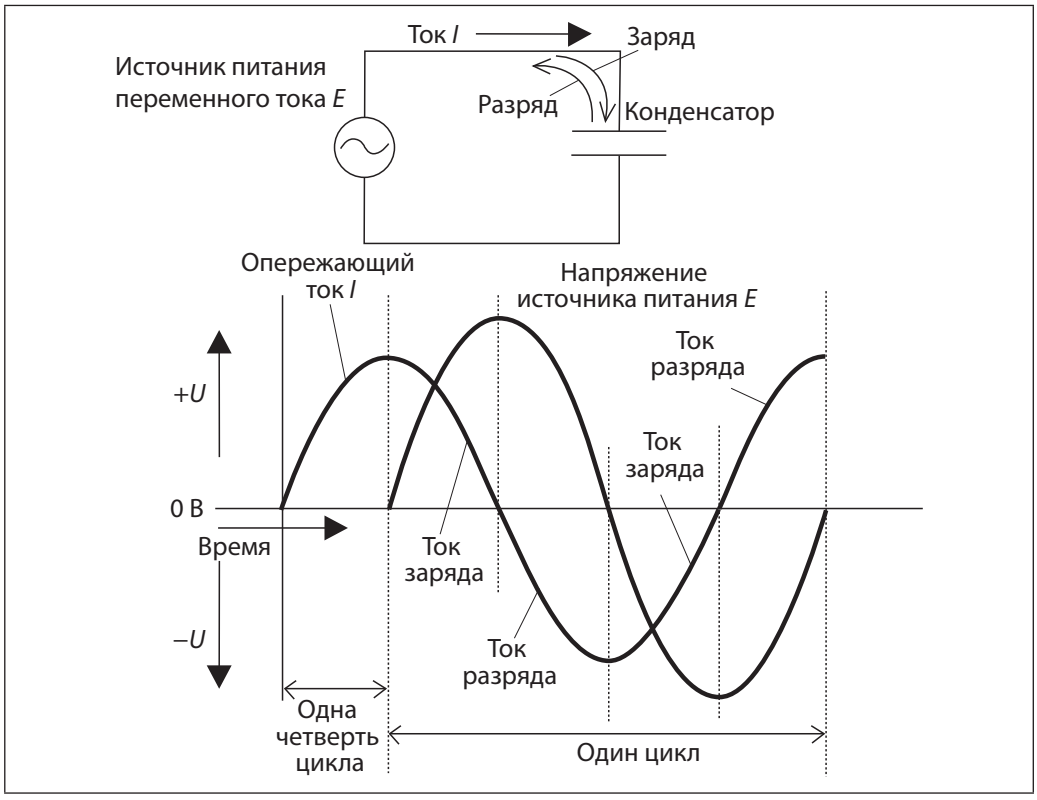
Если к конденсатору приложить напряжение переменного тока, зарядный ток будет течь, пока напряжение изменяется от 0 В до пикового значения. При пиковом значении напряжения источника питания ток становится равным нулю. Когда напряжение источника питания начинает снижаться, конденсатор начинает разряжаться.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

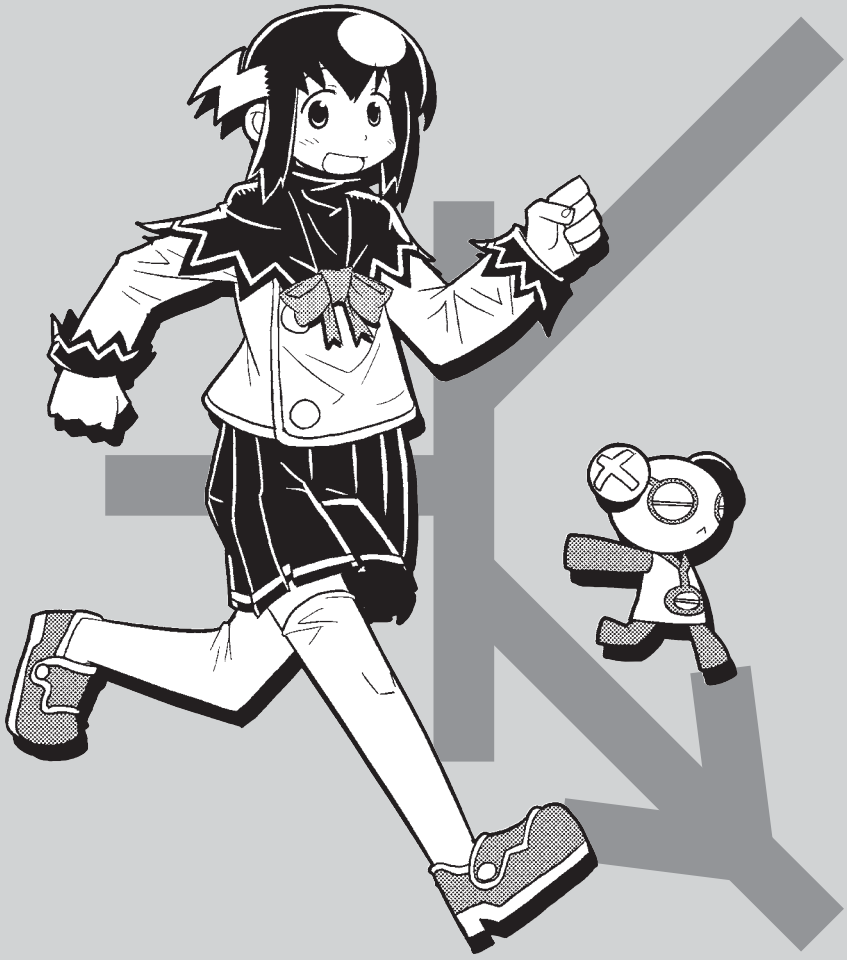
В цепи переменного тока катушки индуктивности и конденсаторы создают сопротивление протеканию тока, и это сопротивление называют *импедансом*.



Процессы заряда и разряда конденсатора.

4

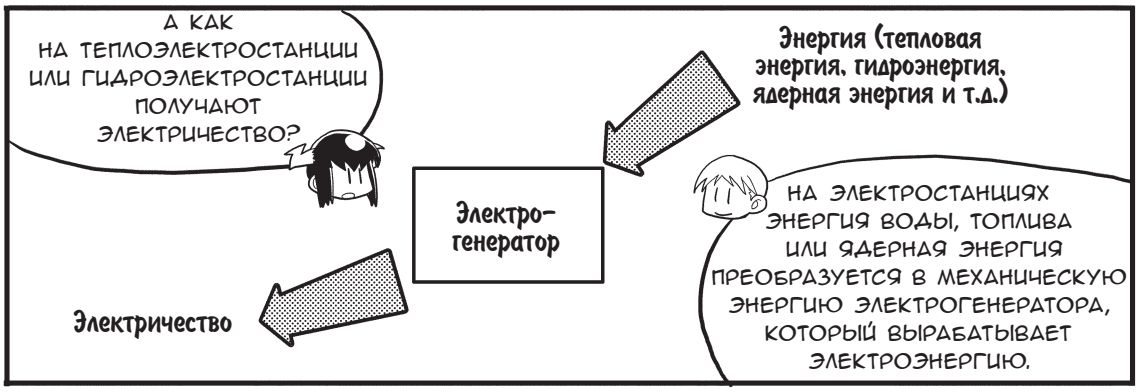
КАК ПОЛУЧАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



Ч.1. ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

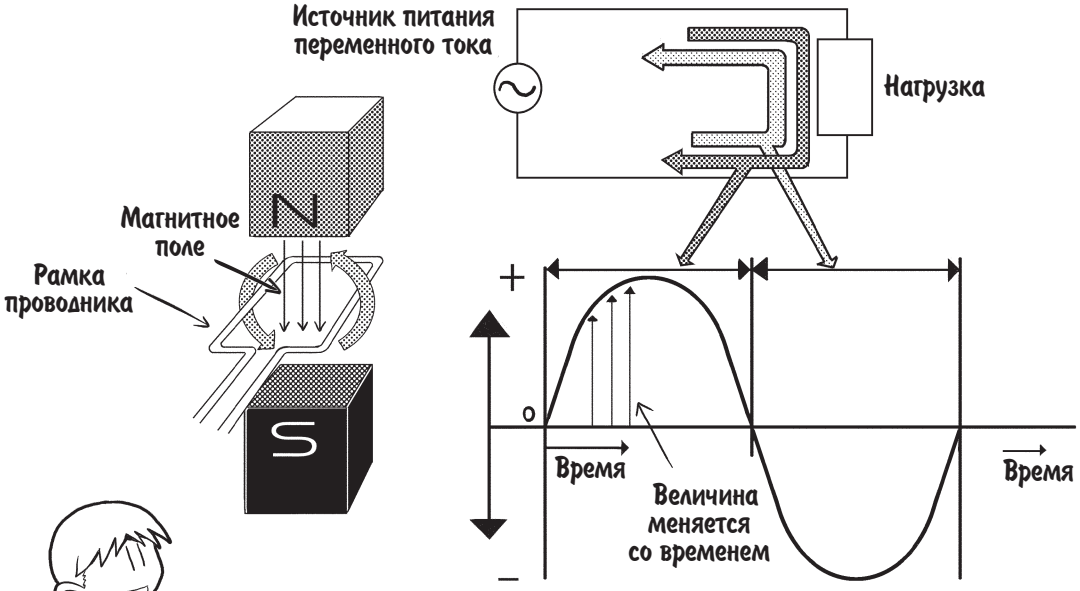
ВКУС НЕПЛОХОЙ...
НЯМ-НЯМ
ПОНИМАЕТЕ, ИНОГДА...
...МЫ ПОХОЖИ НА СУПРУГОВ, ТАК?
ТЬФУ!
ЧТО?!
ХИ-ХИ! ШУЧУ, ШУЧУ!
ЗАПОМНИ, ТЫ ПРОСТО ЖИВЁШЬ ЗДЕСЬ!
Я В УЖАСЕ ОТ ТВОИХ...
ЧАВК, ЧАВК
...РАЗГО-ВОРОВ О СУПРУГАХ!
АМ, НЯМ, НЯМ
КОГДА ДОЕДИТЕ, ПРОДОЛЖИМ ЗАНЯТИЯ, ХОРОШО?
ЛАДНО.

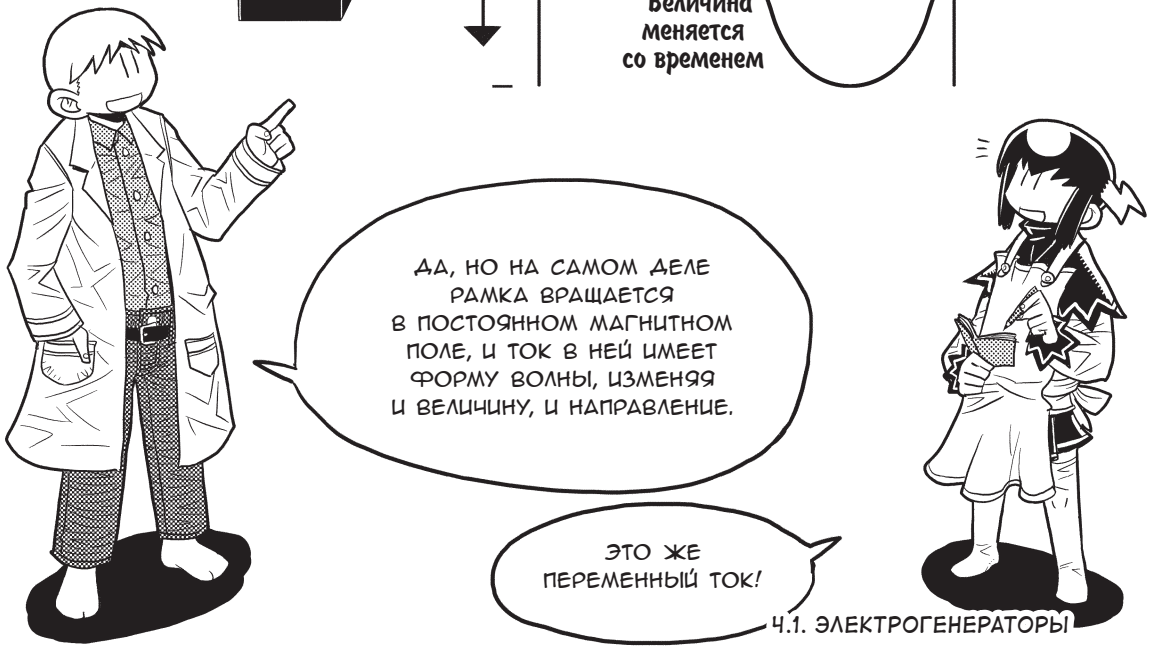
ЧТО Ж...
ОТКУДА БЕРЁТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО? НАПРИМЕР, ОТ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ИЛИ ИЗ БАТАРЕЕК, ТАК?

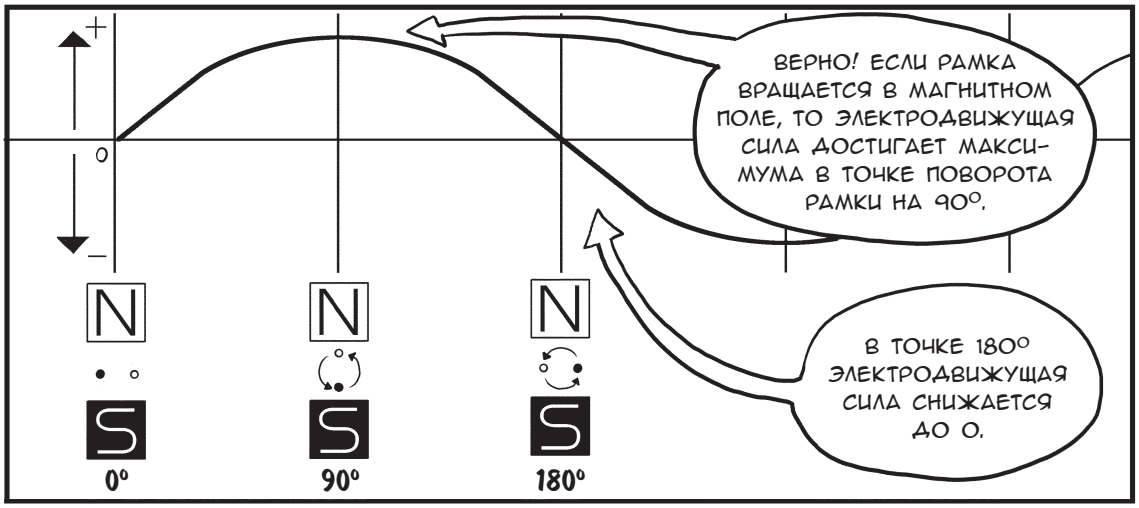

А КАК НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ИЛИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПОЛУЧАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?
Энергия (тепловая энергия, гидроэнергия, ядерная энергия и т.д.)
Электро-генератор
Электричество
НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ЭНЕРГИЯ ВОДЫ, ТОПЛИВА ИЛИ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В МЕХАНИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА, КОТОРЫЙ ВЫРАБАТЫВАЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ.

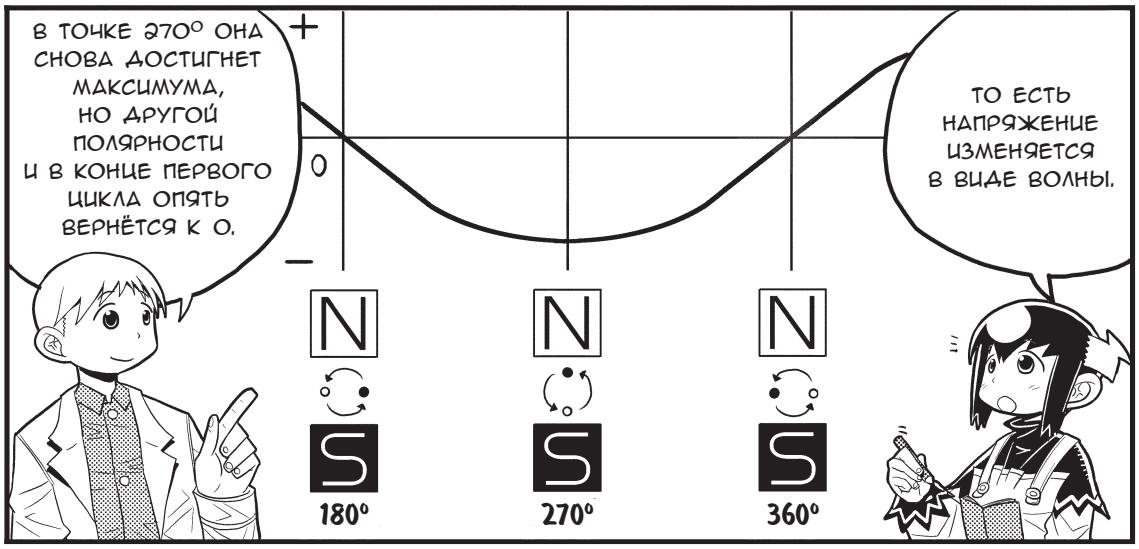
В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ, БАТАРЕЙКА ИСПОЛЬЗУЕТ ЭНЕРГИЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ.
ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ? ЭТО КАК ЖЕ?
?
ОБ ЭТОМ МЫ ПОГОВОРИМ ПОЗЖЕ.

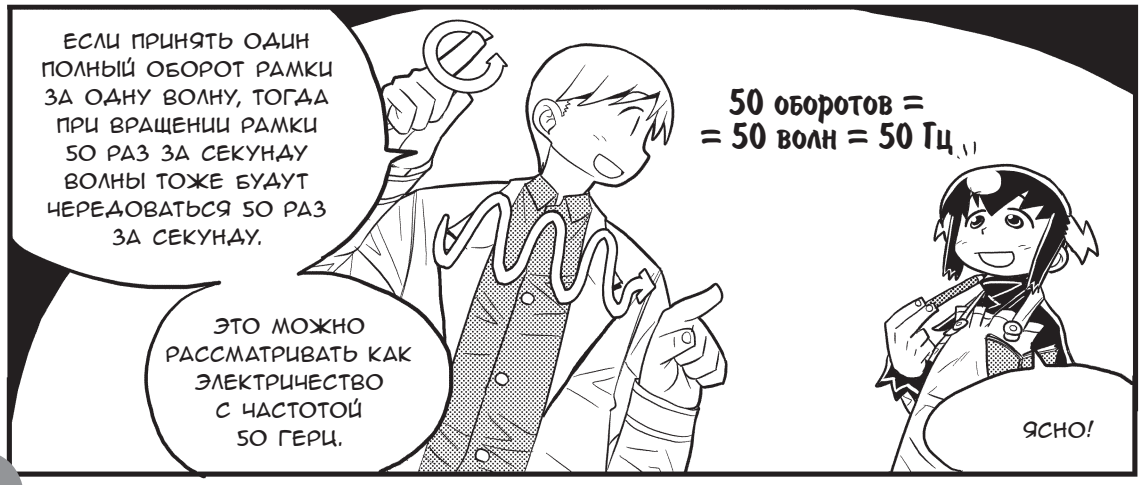
КАК ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ СОЗДАЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

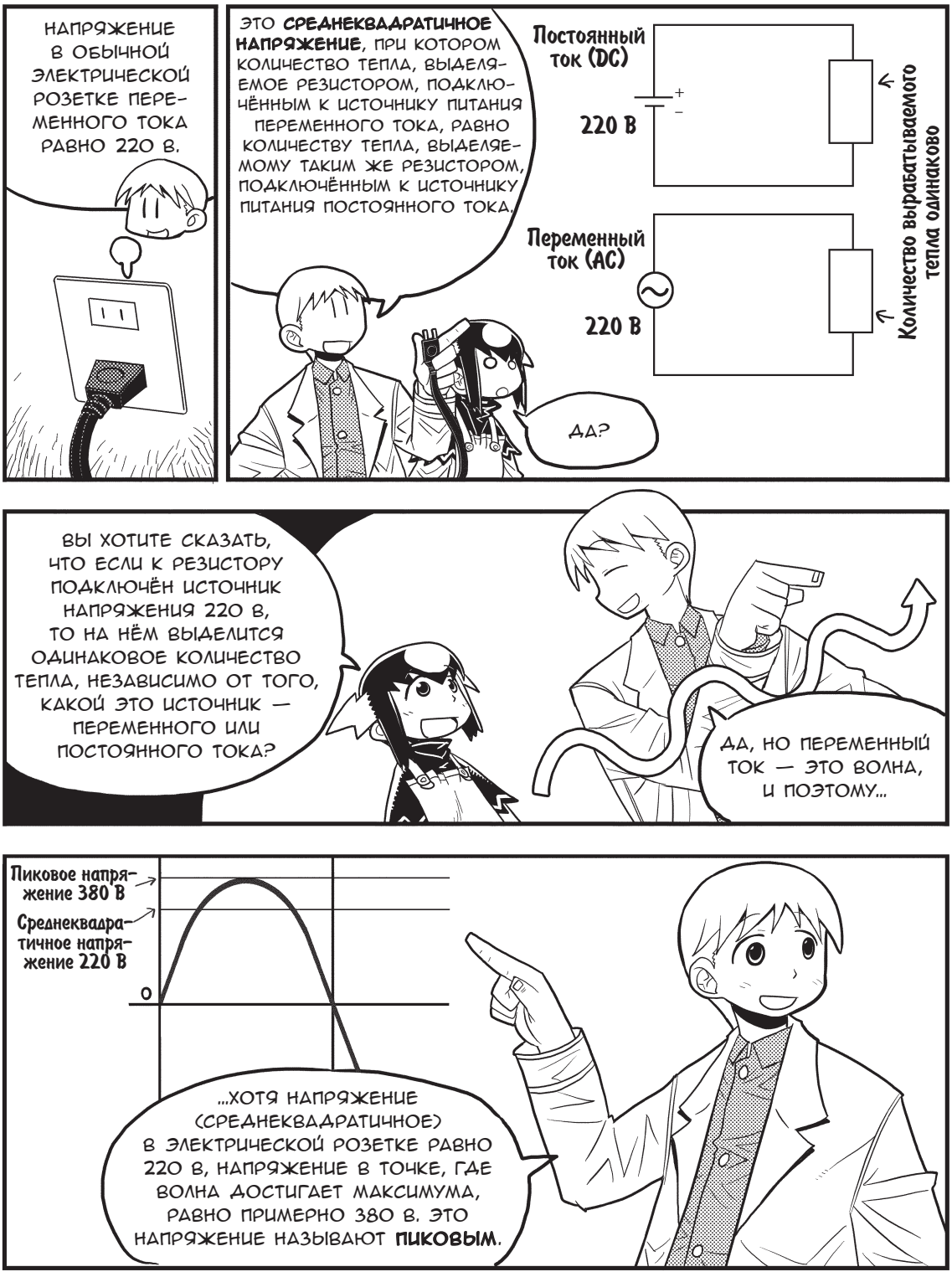





+
0
–
N
S
0°
90°
180°
ВЕРНО! ЕСЛИ РАМКА ВРАЩАЕТСЯ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ, ТО ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА ДОСТИГАЕТ МАКСИМУМА В ТОЧКЕ ПОВОРОТА РАМКИ НА 90°.
В ТОЧКЕ 180° ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА СНИЖАЕТСЯ ДО 0.

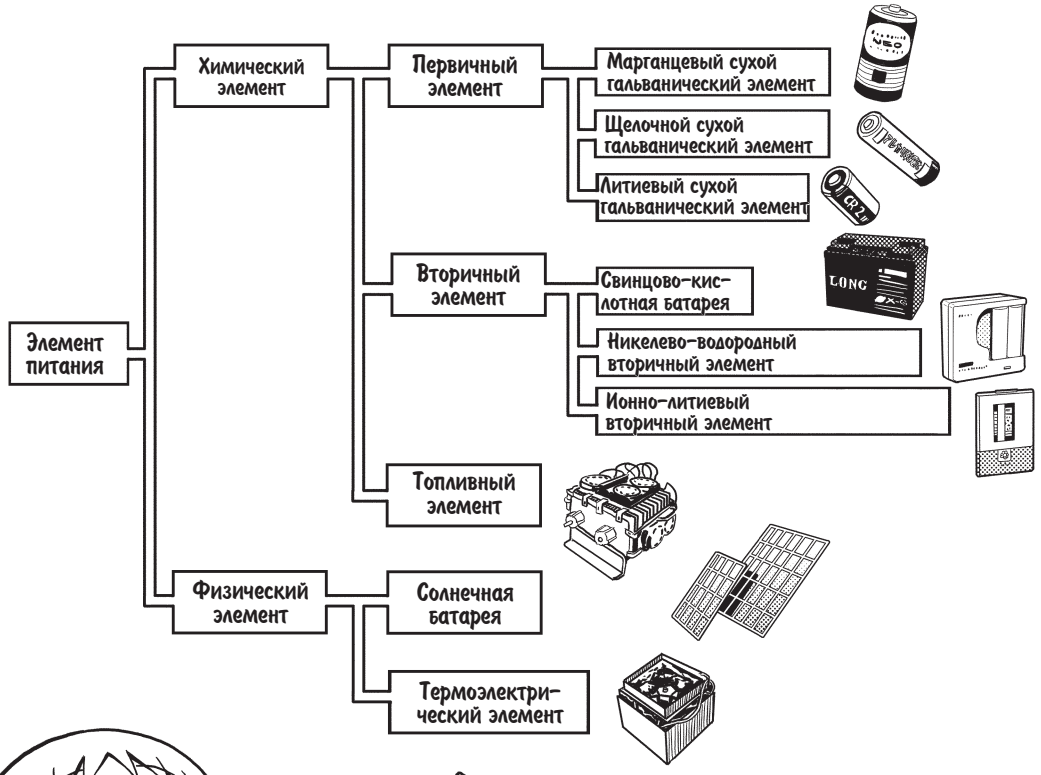

В ТОЧКЕ 270° ОНА СНОВА ДОСТИГНЕТ МАКСИМУМА, НО ДРУГОЙ ПОЛЯРНОСТИ И В КОНЦЕ ПЕРВОГО ЦИКЛА ОПЯТЬ ВЕРНЁТСЯ К 0.
+
0
–
N
S
180°
270°
360°
ТО ЕСТЬ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗМЕНЯЕТСЯ В ВИДЕ ВОЛНЫ.

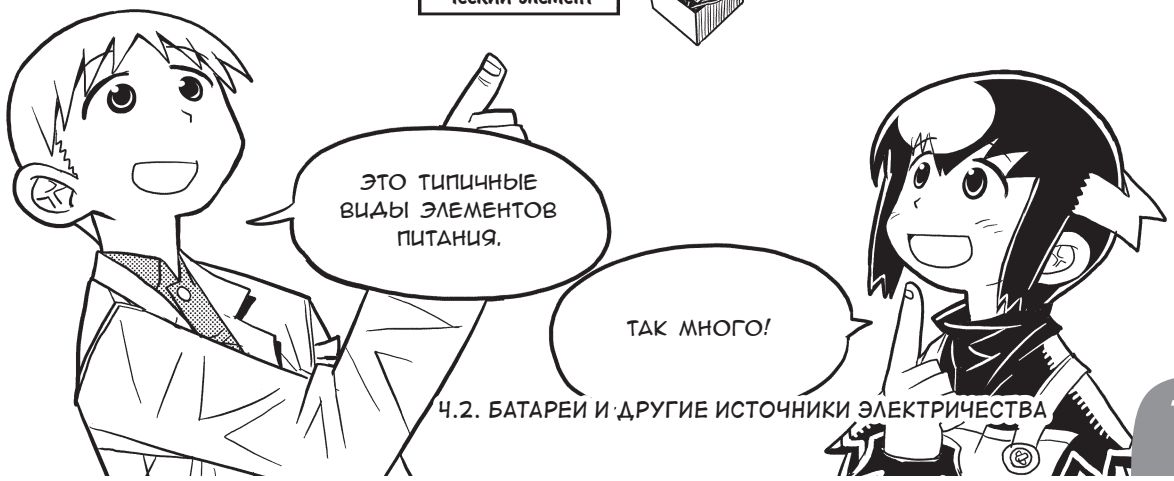

ЕСЛИ ПРИНЯТЬ ОДИН ПОЛНЫЙ ОБОРОТ РАМКИ ЗА ОДНУ ВОЛНУ, ТОГДА ПРИ ВРАЩЕНИИ РАМКИ 50 РАЗ ЗА СЕКУНДУ ВОЛНЫ ТОЖЕ БУДУТ ЧЕРЕДОВАТЬСЯ 50 РАЗ ЗА СЕКУНДУ.
ЭТО МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ КАК ЭЛЕКТРИЧЕСТВО С ЧАСТОТОЙ 50 ГЕРЦ.
50 оборотов =
= 50 волн = 50 Гц
ЯСНО!


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**.

Ч.2. БАТАРЕИ И ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

А что с физическими элементами?
Солнечная батарея
Термоэлектрический элемент
Физический элемент
К физическим элементам относятся, например, солнечные батареи и термоэлектрические элементы.

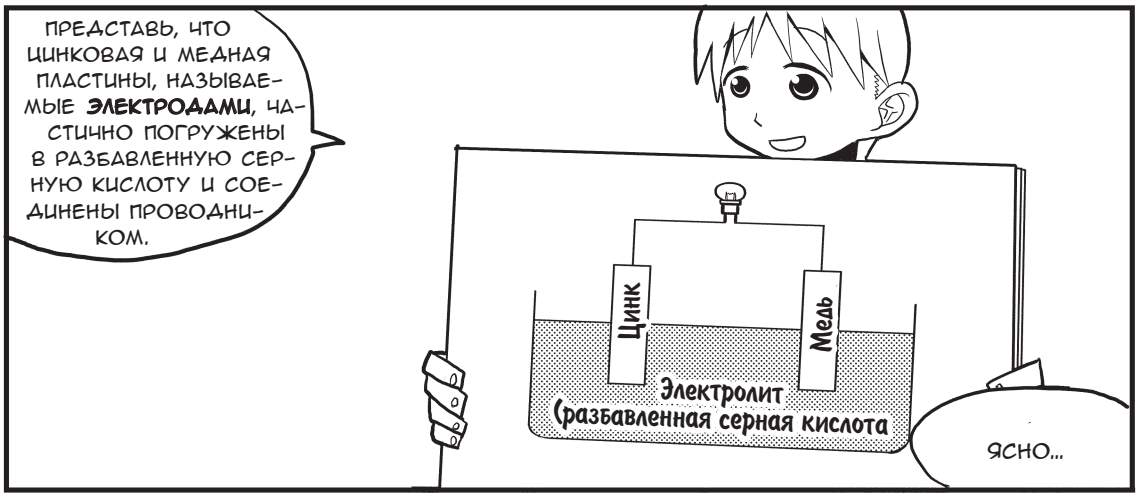

Элемент питания
Химический элемент
Первичный элемент
Марганцевый сухой гальванический элемент
Щелочной сухой гальванический элемент
Литиевый сухой гальванический элемент
Вторичный элемент
Свинцово-кислотная батарея
Никелево-водородный вторичный элемент
Ионно-литиевый вторичный элемент
Топливный элемент
Физический элемент
Солнечная батарея
Термоэлектрический элемент


Это типичные виды элементов питания.
Так много!

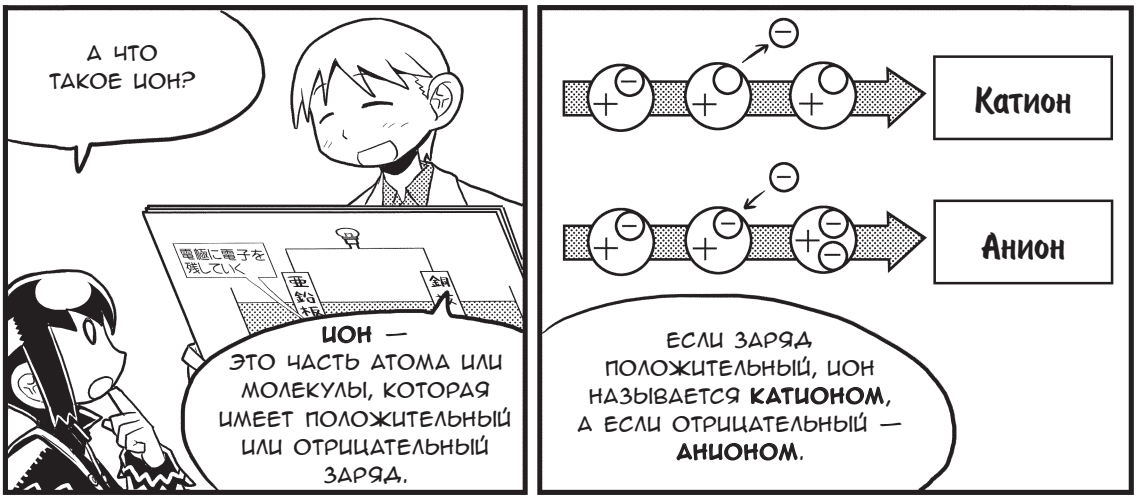
ВОЛЬТОВА БАТАРЕЯ
ПРИНЦИП РАБОТЫ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА...
А. ВОЛЬТА
...БЫЛ ОТКРЫТ ОКОЛО 200 ЛЕТ НАЗАД ИТАЛЬЯНСКИМ ФИЗИКОМ АЛЕССАНДРО ВОЛЬТА.
ЭТО В ЕГО ЧЕСТЬ НАЗВАЛИ ЕДИНИЦУ НАПРЯЖЕНИЯ?

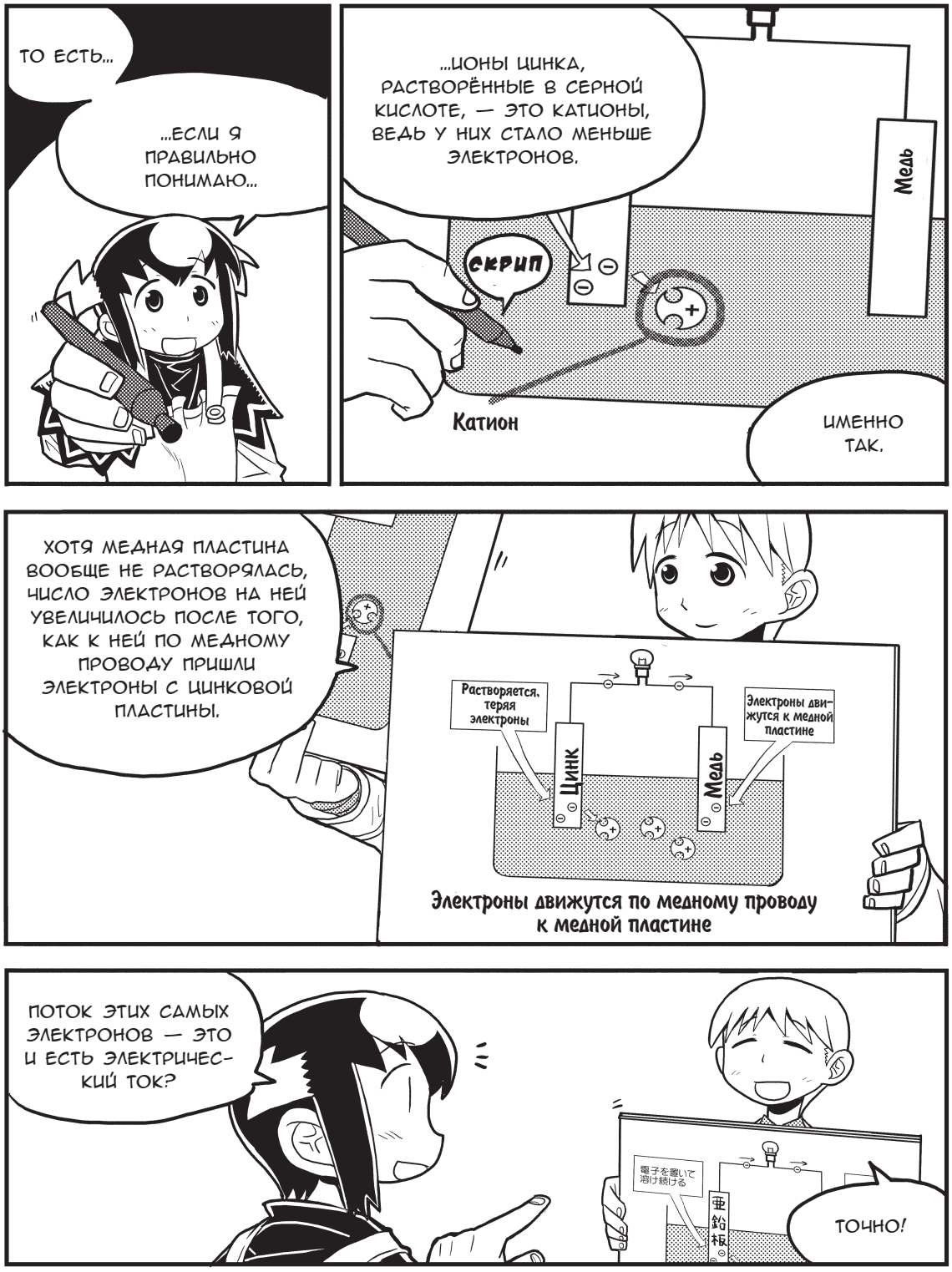
ВОЛЬТА ВЫЯСНИЛ, ЧТО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО МОЖЕТ ВЫРАБАТЫВАТЬСЯ ДВУМЯ РАЗНЫМИ ТИПАМИ МЕТАЛЛОВ И...
A
Цинковая пластина и т. п.
B
Медная пластина и т. п.
Разбавленная серная кислота
...ЖИДКОСТЬЮ, ЧЕРЕЗ КОТОРУЮ ПРОХОДИТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И КОТОРУЮ НАЗЫВАЮТ ЭЛЕКТРОЛИТОМ.

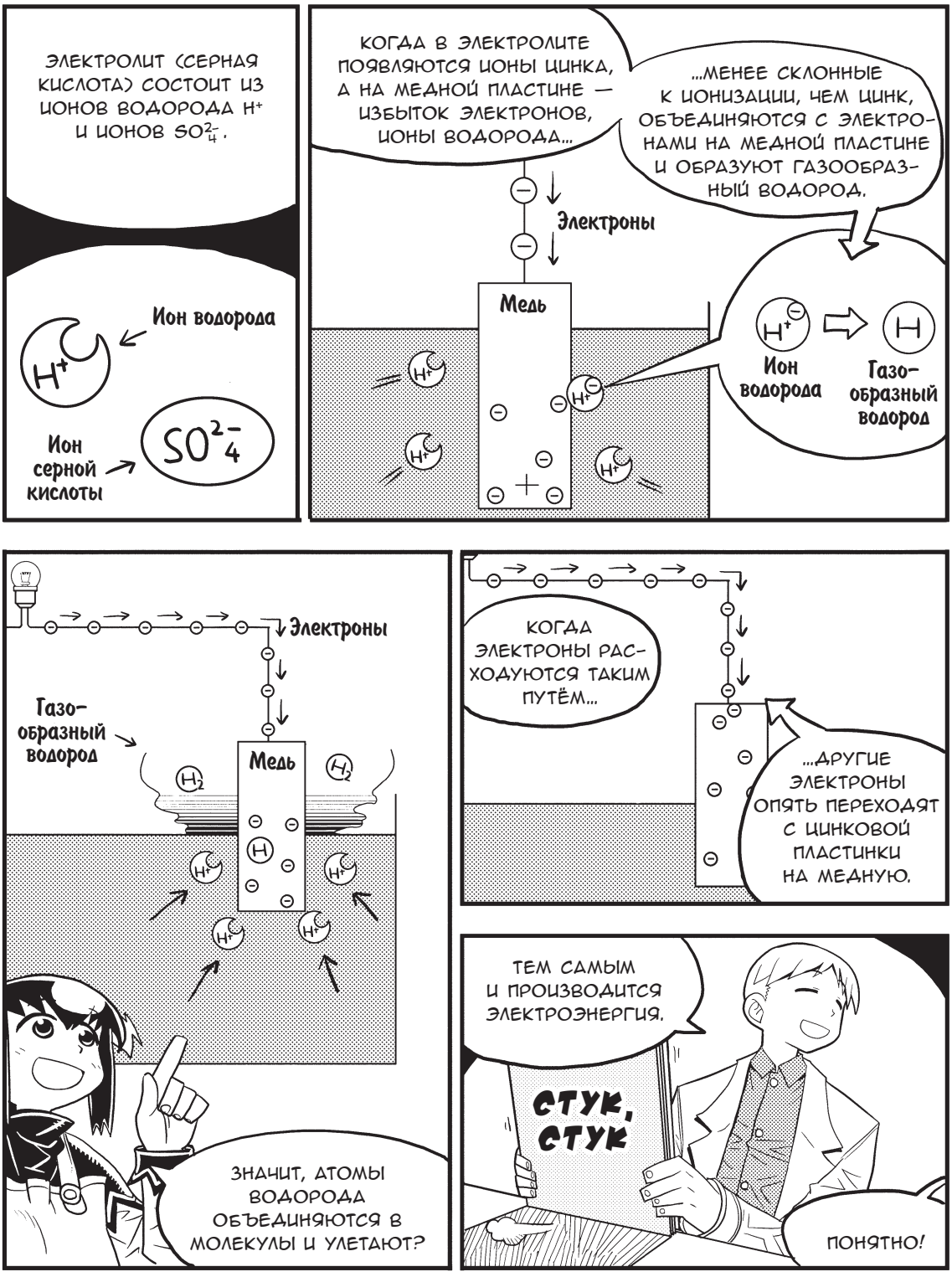
A
B
Гальванический элемент
ИСТОЧНИК ТОКА, ПОСТРОЕННЫЙ НА ЭТОМ ПРИНЦИПЕ, НАЗЫВАЕТСЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТОМ.
ГММ... НЕ МОГУ ПОНЯТЬ, ОТКУДА ВСЁ-ТАКИ БЕРЁТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?
ХОРОШО, ОБЪЯСНЮ ПО-ПРОСТОМУ.

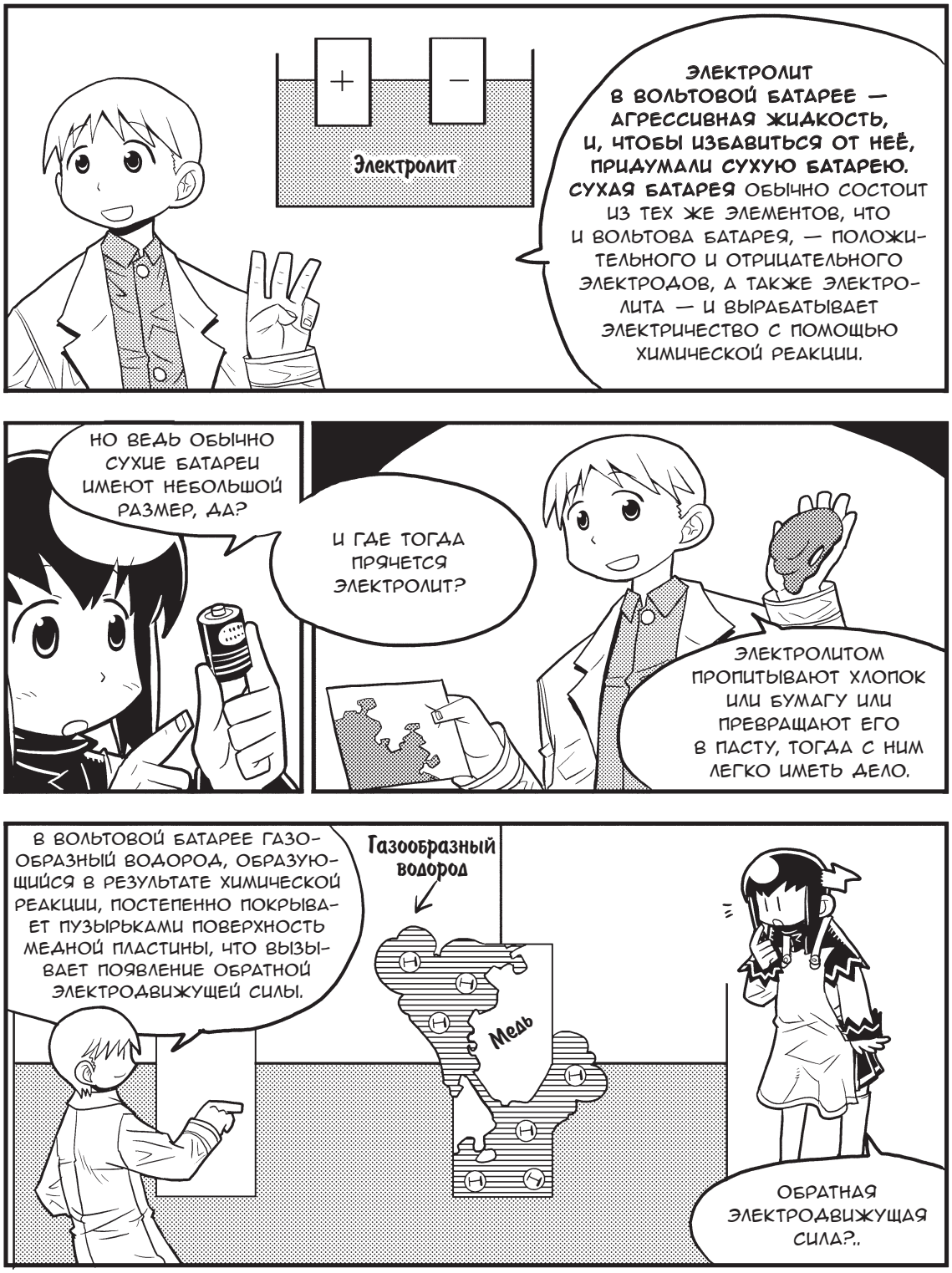

Представь, что цинковая и медная пластины, называемые **электродами**, частично погружены в разбавленную серную кислоту и соединены проводником.
Цинк
Медь
Электролит (разбавленная серная кислота
Ясно...

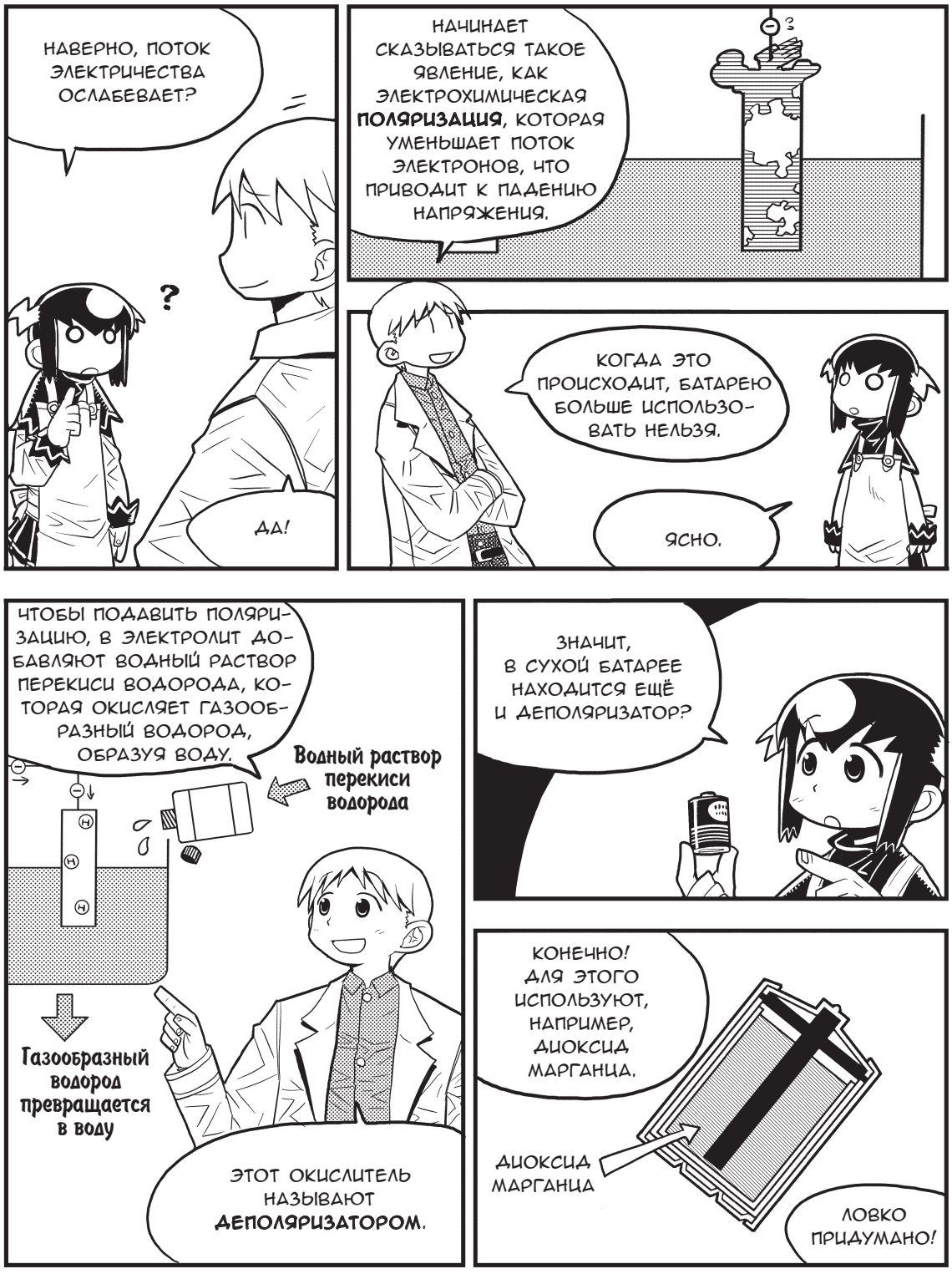
Так как цинк ионизируется лучше, чем медь, часть его атомов в виде ионов цинка (Zn^{2+}) переходит в серную кислоту, а электроны остаются в цинковой пластине.
Электроны остаются на электроде
Цинк
Медь
Цинк ионизируется и растворяется первым


А что такое ион?
Ион — это часть атома или молекулы, которая имеет положительный или отрицательный заряд.
Катион
Анион
Если заряд положительный, ион называется **катионом**, а если отрицательный — **анионом**.


То есть...
...если я правильно понимаю...
...ионы цинка, растворённые в серной кислоте, — это катионы, ведь у них стало меньше электронов.
скрип
Медь
Катион
Именно так.
Хотя медная пластина вообще не растворялась, число электронов на ней увеличилось после того, как к ней по медному проводу пришли электроны с цинковой пластины.
Растворяется, теряя электроны
Цинк
Медь
Электроны движутся к медной пластине
Электроны движутся по медному проводу к медной пластине
Поток этих самых электронов — это и есть электрический ток?
電子を置いて溶け続ける
亜鉛板
Точно!

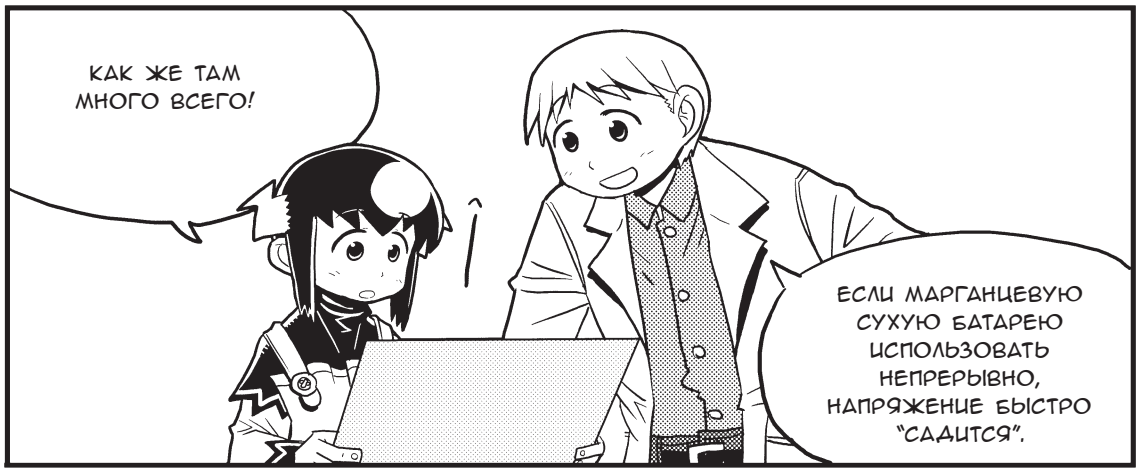

Электролит (серная кислота) состоит из ионов водорода H^+ и ионов SO_4^{2-}.
Ион водорода
Ион серной кислоты
Когда в электролите появляются ионы цинка, а на медной пластине — избыток электронов, ионы водорода...
...менее склонные к ионизации, чем цинк, объединяются с электронами на медной пластине и образуют газообразный водород.
Электроны
Медь
Ион водорода
Газообразный водород
Электроны
Газообразный водород
Медь
Когда электроны расходуются таким путём...
...другие электроны опять переходят с цинковой пластинки на медную.
Значит, атомы водорода объединяются в молекулы и улетают?
Тем самым и производится электроэнергия.
Стук, стук
Понятно!


+
−
Электролит
ЭЛЕКТРОЛИТ В ВОЛЬТОВОЙ БАТАРЕЕ — АГРЕССИВНАЯ ЖИДКОСТЬ, И, ЧТОБЫ ИЗБАВИТЬСЯ ОТ НЕЁ, ПРИДУМАЛИ СУХУЮ БАТАРЕЮ. СУХАЯ БАТАРЕЯ ОБЫЧНО СОСТОИТ ИЗ ТЕХ ЖЕ ЭЛЕМЕНТОВ, ЧТО И ВОЛЬТОВА БАТАРЕЯ, — ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО И ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДОВ, А ТАКЖЕ ЭЛЕКТРОЛИТА — И ВЫРАБАТЫВАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ.
НО ВЕДЬ ОБЫЧНО СУХИЕ БАТАРЕИ ИМЕЮТ НЕБОЛЬШОЙ РАЗМЕР, ДА?
И ГДЕ ТОГДА ПРЯЧЕТСЯ ЭЛЕКТРОЛИТ?
ЭЛЕКТРОЛИТОМ ПРОПИТЫВАЮТ ХЛОПОК ИЛИ БУМАГУ ИЛИ ПРЕВРАЩАЮТ ЕГО В ПАСТУ, ТОГДА С НИМ ЛЕГКО ИМЕТЬ ДЕЛО.
В ВОЛЬТОВОЙ БАТАРЕЕ ГАЗООБРАЗНЫЙ ВОДОРОД, ОБРАЗУЮЩИЙСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ, ПОСТЕПЕННО ПОКРЫВАЕТ ПУЗЫРЬКАМИ ПОВЕРХНОСТЬ МЕДНОЙ ПЛАСТИНЫ, ЧТО ВЫЗЫВАЕТ ПОЯВЛЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ.
Газообразный водород
Медь
ОБРАТНАЯ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА?..


НАВЕРНО, ПОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ОСЛАБЕВАЕТ?
?
ДА!
НАЧИНАЕТ СКАЗЫВАТЬСЯ ТАКОЕ ЯВЛЕНИЕ, КАК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ **ПОЛЯРИЗАЦИЯ**, КОТОРАЯ УМЕНЬШАЕТ ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ, ЧТО ПРИВОДИТ К ПАДЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЯ.
КОГДА ЭТО ПРОИСХОДИТ, БАТАРЕЮ БОЛЬШЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ НЕЛЬЗЯ.
ЯСНО.
ЧТОБЫ ПОДАВИТЬ ПОЛЯРИЗАЦИЮ, В ЭЛЕКТРОЛИТ ДОБАВЛЯЮТ ВОДНЫЙ РАСТВОР ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА, КОТОРАЯ ОКИСЛЯЕТ ГАЗООБРАЗНЫЙ ВОДОРОД, ОБРАЗУЯ ВОДУ.
Водный раствор перекиси водорода
Газообразный водород превращается в воду
ЭТОТ ОКИСЛИТЕЛЬ НАЗЫВАЮТ **ДЕПОЛЯРИЗАТОРОМ**.
ЗНАЧИТ, В СУХОЙ БАТАРЕЕ НАХОДИТСЯ ЕЩЁ И ДЕПОЛЯРИЗАТОР?
КОНЕЧНО! ДЛЯ ЭТОГО ИСПОЛЬЗУЮТ, НАПРИМЕР, ДИОКСИД МАРГАНЦА.
ДИОКСИД МАРГАНЦА
ЛОВКО ПРИДУМАНО!

МАТЕРИАЛ, ВЫЗЫВАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ, НАЗЫВАЮТ АКТИВНЫМ ВЕЩЕСТВОМ.
Активное вещество
ГОВОРЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ЯЗЫКОМ, В ХИМИЧЕСКОМ ЭЛЕМЕНТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ, ИДУЩЕЙ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРОЛИТ МЕЖДУ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО И ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДОВ.
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ
ЗНАЧИТ, ЧТО-ТО ОКИСЛЯЕТСЯ, А ЧТО-ТО ВОССТАНАВЛИВАЕТСЯ?

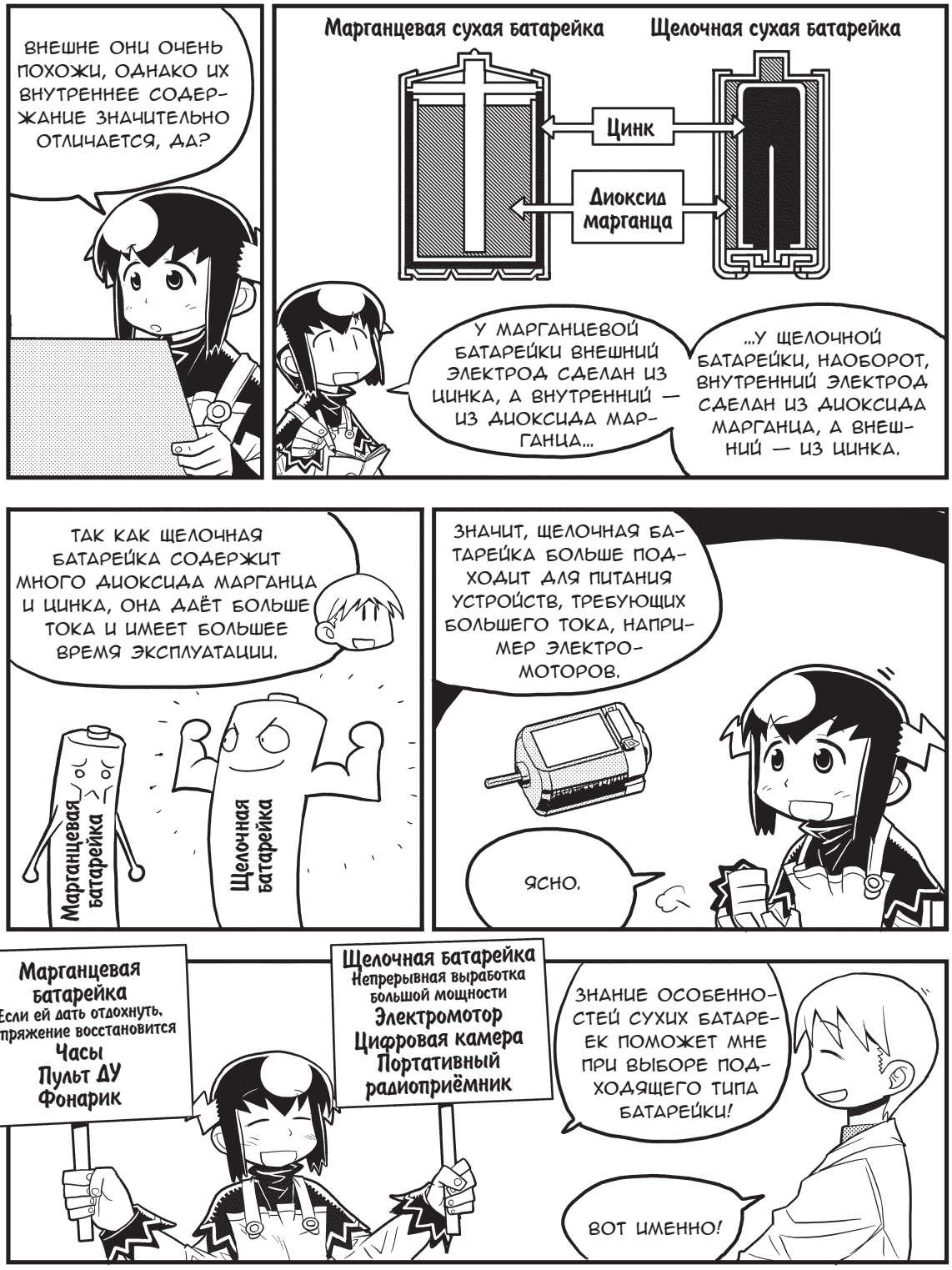
СУХАЯ БАТАРЕЯ, ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ
А ТЕПЕРЬ ПОСМОТРИМ, ЧТО НАХОДИТСЯ ВНУТРИ СУХОЙ БАТАРЕИ.
ТАК КАК ИЗУЧАТЬ ЭТО "ВЖИВУЮ" ОПАСНО, Я ИСПОЛЬЗУЮ ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ.
Внутренность марганцевой сухой батареи
Положительный электрод
Угольный стержень
Положительный полюс (диоксид марганца)
Сепаратор
Отрицательный полюс (цинковый стакан)
Внешняя оболочка
Изолирующий цилиндр
Отрицательный электрод
В МАРГАНЦЕВОЙ СУХОЙ БАТАРЕЕ В КАЧЕСТВЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ АНОДНЫЙ АГЛОМЕРАТ, СОДЕРЖАЩИЙ ДИОКСИД МАРГАНЦА И ЭЛЕКТРОЛИТ С ПРИМЕСЬЮ РАСТВОРА ХЛОРИСТОГО ЦИНКА, А В КАЧЕСТВЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО — ВНЕШНИЙ ЦИНКОВЫЙ СТАКАН.

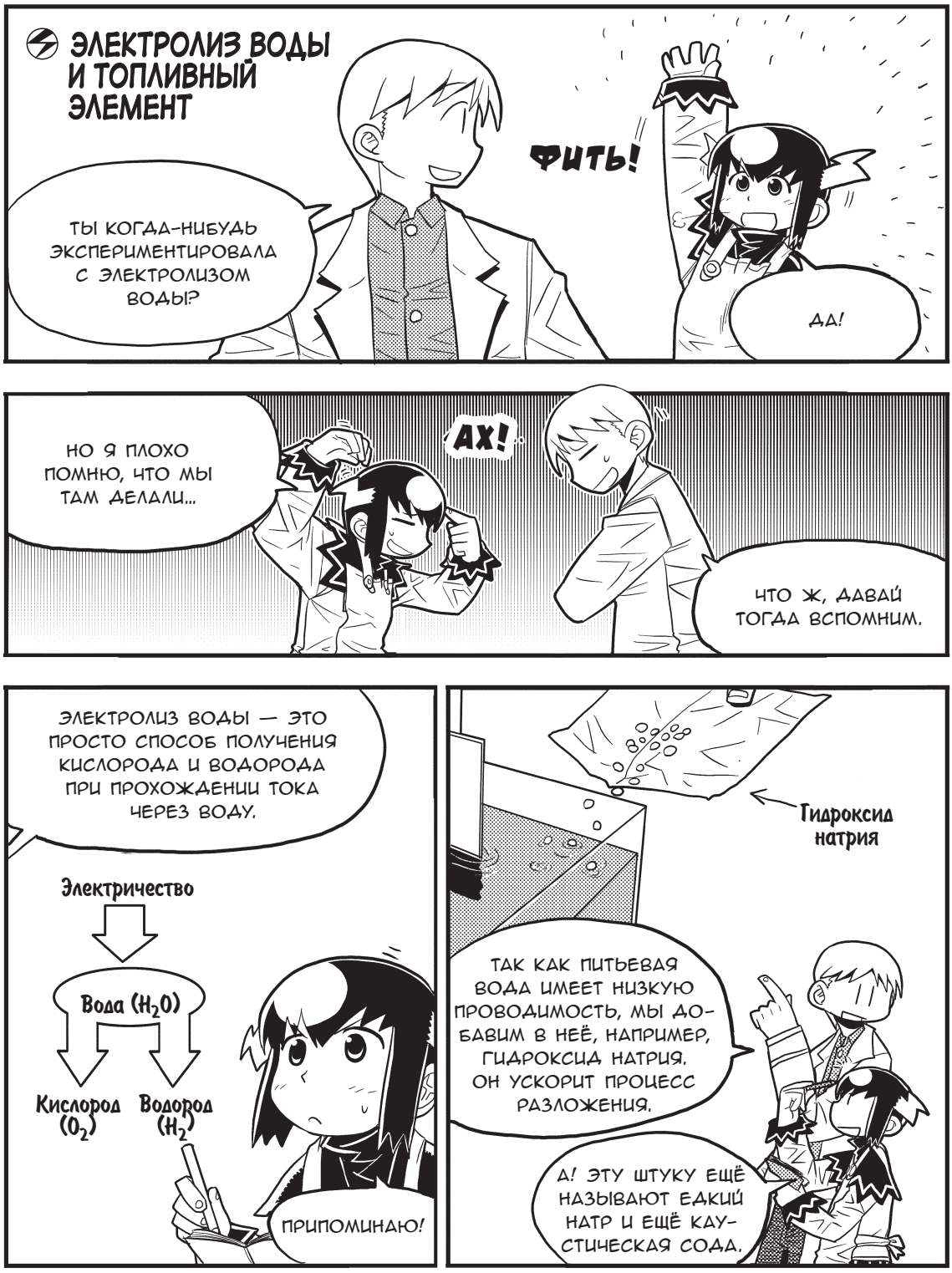

КАК ЖЕ ТАМ МНОГО ВСЕГО!
ЕСЛИ МАРГАНЦЕВУЮ СУХУЮ БАТАРЕЮ ИСПОЛЬЗОВАТЬ НЕПРЕРЫВНО, НАПРЯЖЕНИЕ БЫСТРО "САДИТСЯ".

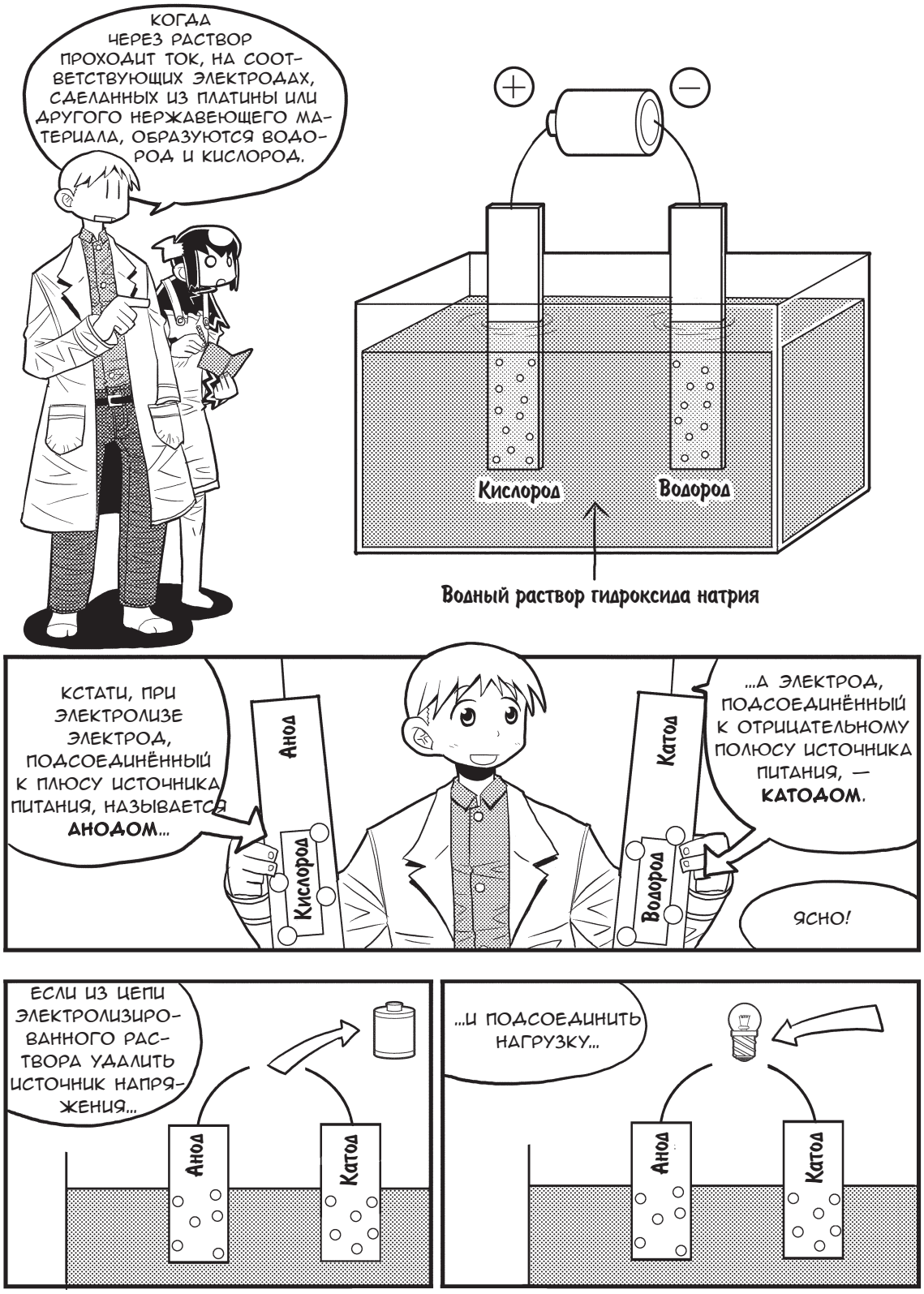
Восстановилась!
НО ЕСЛИ ЕЙ ДАТЬ НЕМНОГО ОТДОХНУТЬ, НАПРЯЖЕНИЕ ВОССТАНОВИТСЯ И ТОК СНОВА ПОТЕЧЁТ.

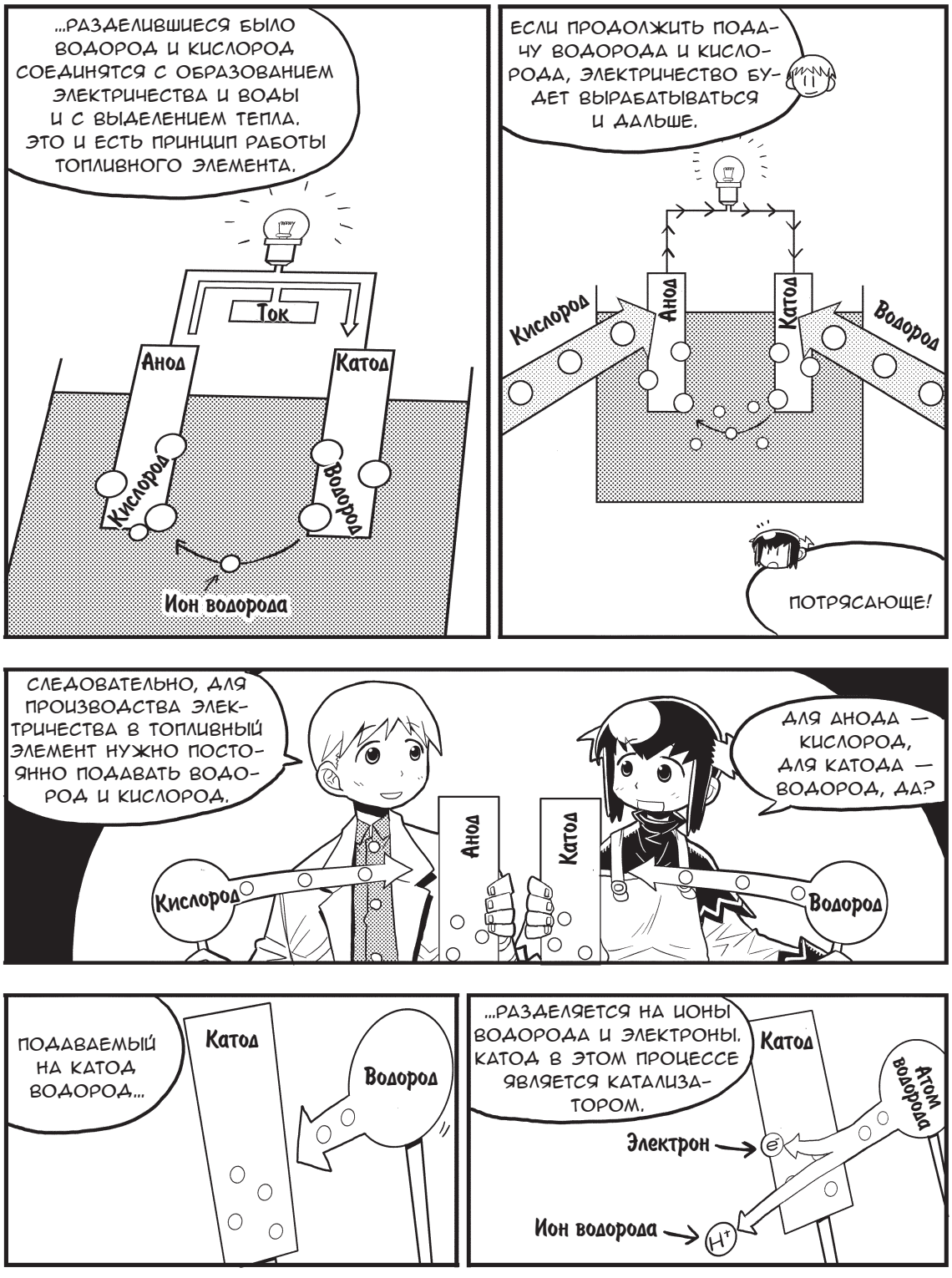
ЗНАЧИТ, ЭТОТ ТИП БАТАРЕЙ ПОДХОДИТ ДЛЯ РУЧНОГО ФОНАРИКА ИЛИ ЧАСОВ, НЕ ТРЕБУЮЩИХ БОЛЬШИХ ЗАТРАТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.
ДЛЯ ПУЛЬТА ДУ ТОЖЕ, НАВЕРНО, ПОДОЙДЁТ.

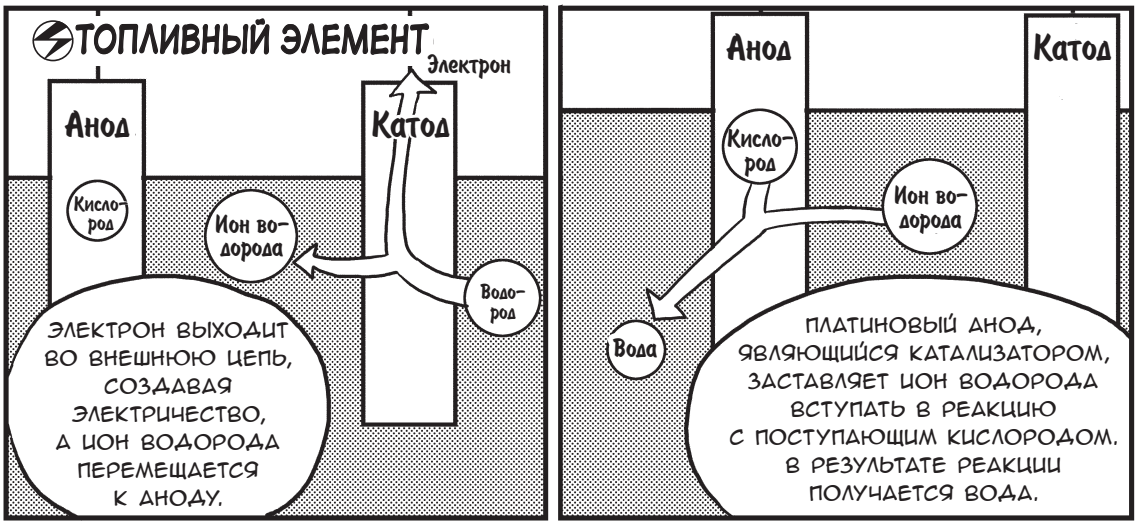
Внутренность щелочной сухой батарейки
Положительный электрод
Внешняя оболочка
Отрицательный электрод (цинковый порошок)
Модуль
Положительный электрод (диоксид марганца)
Сепаратор
Отрицательный электрод
А ВОТ В ЩЕЛОЧНОЙ СУХОЙ БАТАРЕЙКЕ В КАЧЕСТВЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДИОКСИД МАРГАНЦА, В КАЧЕСТВЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО — ЦИНКОВЫЙ ПОРОШОК, А В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА — ГИДРОКСИД КАЛИЯ, КОТОРЫЙ ЯВЛЯЕТСЯ СИЛЬНОЙ ЩЁЛОЧЬЮ.

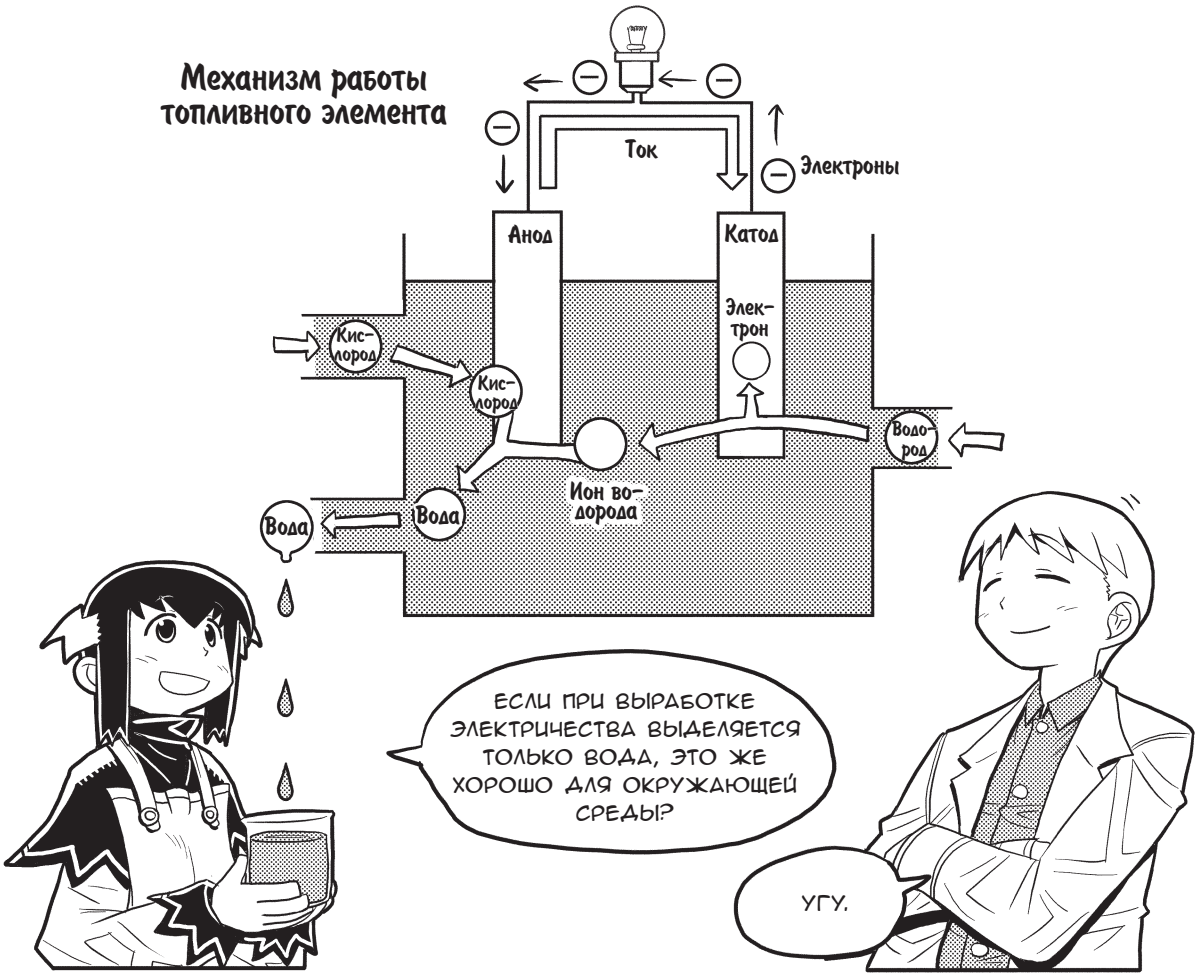

ВНЕШНЕ ОНИ ОЧЕНЬ ПОХОЖИ, ОДНАКО ИХ ВНУТРЕННЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНО ОТЛИЧАЕТСЯ, ДА?
Марганцевая сухая батарейка
Щелочная сухая батарейка
Цинк
Диоксид марганца
У МАРГАНЦЕВОЙ БАТАРЕЙКИ ВНЕШНИЙ ЭЛЕКТРОД СДЕЛАН ИЗ ЦИНКА, А ВНУТРЕННИЙ — ИЗ ДИОКСИДА МАРГАНЦА...
...У ЩЕЛОЧНОЙ БАТАРЕЙКИ, НАОБОРОТ, ВНУТРЕННИЙ ЭЛЕКТРОД СДЕЛАН ИЗ ДИОКСИДА МАРГАНЦА, А ВНЕШНИЙ — ИЗ ЦИНКА.
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
Электромотор
Цифровая камера
Портативный радиоприёмник
ЗНАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СУХИХ БАТАРЕЕК ПОМОЖЕТ МНЕ ПРИ ВЫБОРЕ ПОДХОДЯЩЕГО ТИПА БАТАРЕЙКИ!
ВОТ ИМЕННО!

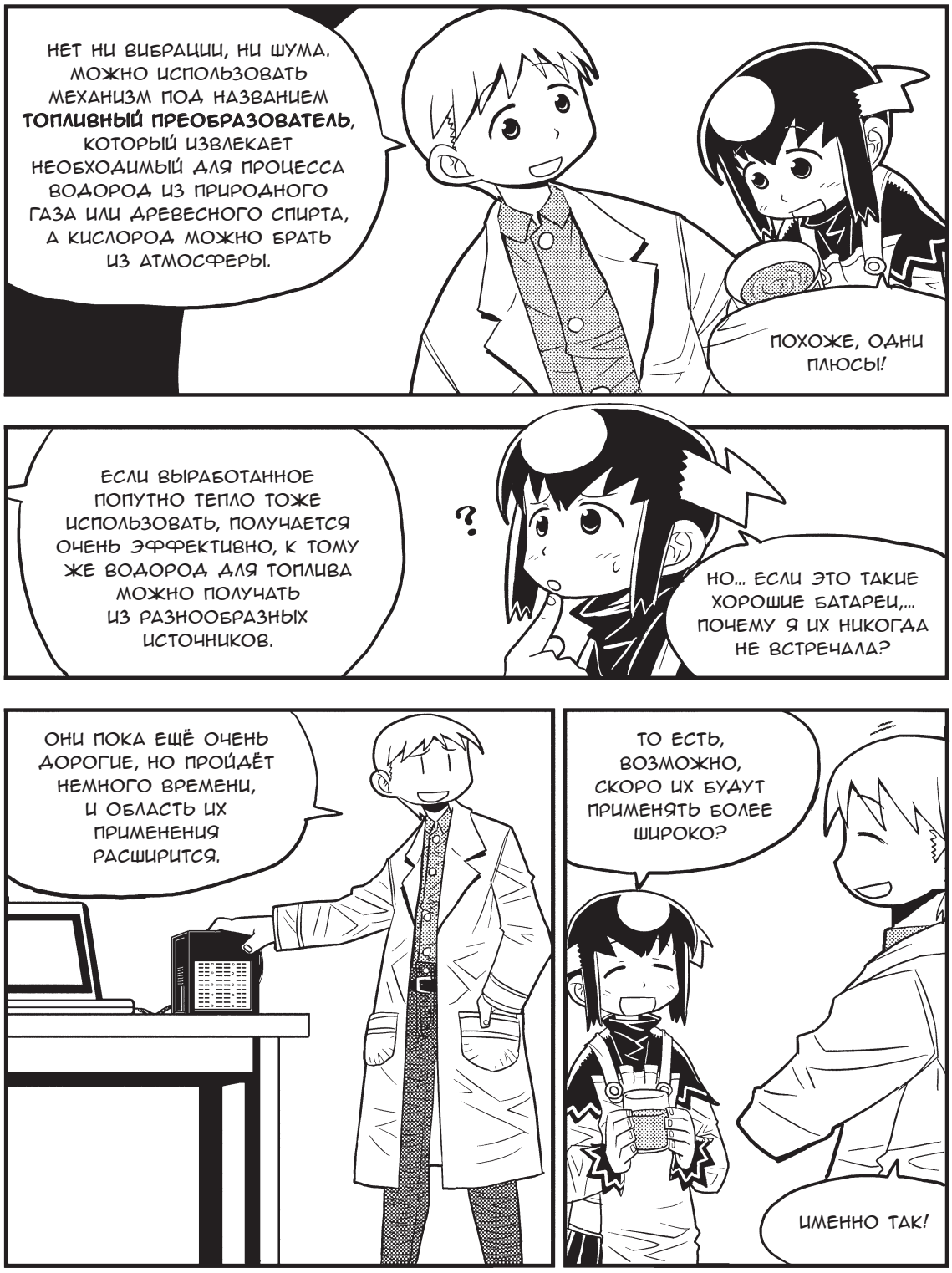

ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДЫ И ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ
ТЫ КОГДА-НИБУДЬ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАЛА С ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ВОДЫ?
ФИТЬ!
ДА!
НО Я ПЛОХО ПОМНЮ, ЧТО МЫ ТАМ ДЕЛАЛИ...
АХ!
ЧТО Ж, ДАВАЙ ТОГДА ВСПОМНИМ.
ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДЫ — ЭТО ПРОСТО СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ТОКА ЧЕРЕЗ ВОДУ.
Электричество
Вода (H_2O)
Кислород (O_2)
Водород (H_2)
ПРИПОМИНАЮ!
Гидроксид натрия
ТАК КАК ПИТЬЕВАЯ ВОДА ИМЕЕТ НИЗКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ, МЫ ДОБАВИМ В НЕЁ, НАПРИМЕР, ГИДРОКСИД НАТРИЯ. ОН УСКОРИТ ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ.
А! ЭТУ ШТУКУ ЕЩЁ НАЗЫВАЮТ ЕДКИЙ НАТР И ЕЩЁ КАУСТИЧЕСКАЯ СОДА.


КОГДА ЧЕРЕЗ РАСТВОР ПРОХОДИТ ТОК, НА СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОДАХ, СДЕЛАННЫХ ИЗ ПЛАТИНЫ ИЛИ ДРУГОГО НЕРЖАВЕЮЩЕГО МАТЕРИАЛА, ОБРАЗУЮТСЯ ВОДОРОД И КИСЛОРОД.
Кислород
Водород
Водный раствор гидроксида натрия
КСТАТИ, ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ ЭЛЕКТРОД, ПОДСОЕДИНЁННЫЙ К ПЛЮСУ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ, НАЗЫВАЕТСЯ **АНОДОМ**...
Анод
Кислород
Катод
Водород
...А ЭЛЕКТРОД, ПОДСОЕДИНЁННЫЙ К ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ, — **КАТОДОМ**.
ЯСНО!
ЕСЛИ ИЗ ЦЕПИ ЭЛЕКТРОЛИЗИРОВАННОГО РАСТВОРА УДАЛИТЬ ИСТОЧНИК НАПРЯЖЕНИЯ...
Анод
Катод
...И ПОДСОЕДИНИТЬ НАГРУЗКУ...
Анод
Катод

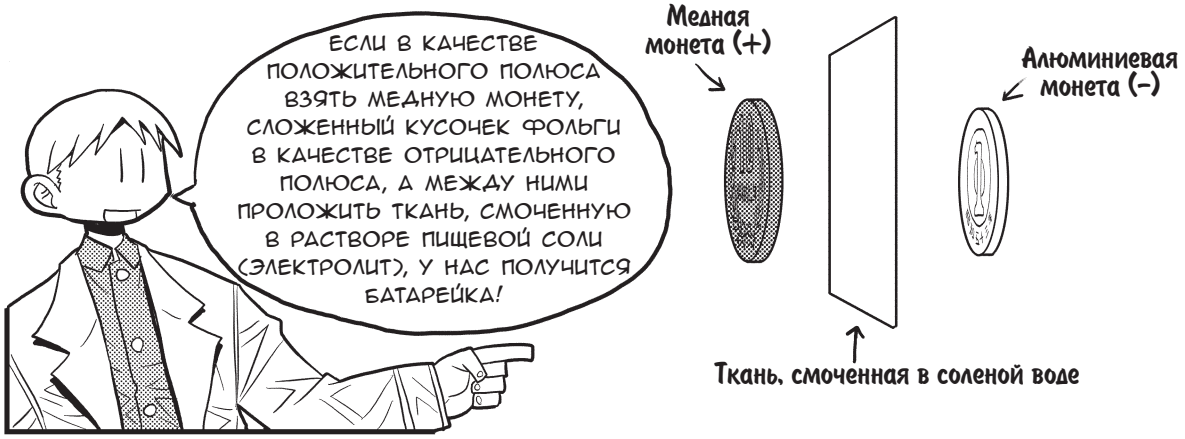

...РАЗДЕЛИВШИЕСЯ БЫЛО ВОДОРОД И КИСЛОРОД СОЕДИНЯТСЯ С ОБРАЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И ВОДЫ И С ВЫДЕЛЕНИЕМ ТЕПЛА. ЭТО И ЕСТЬ ПРИНЦИП РАБОТЫ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА.
Ток
Анод
Катод
Кислород
Водород
Ион водорода
ЕСЛИ ПРОДОЛЖИТЬ ПОДАЧУ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА, ЭЛЕКТРИЧЕСТВО БУДЕТ ВЫРАБАТЫВАТЬСЯ И ДАЛЬШЕ.
Кислород
Анод
Катод
Водород
ПОТРЯСАЮЩЕ!
СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НУЖНО ПОСТОЯННО ПОДАВАТЬ ВОДОРОД И КИСЛОРОД.
ДЛЯ АНОДА — КИСЛОРОД, ДЛЯ КАТОДА — ВОДОРОД, ДА?
Кислород
Анод
Катод
Водород
ПОДАВАЕМЫЙ НА КАТОД ВОДОРОД...
Катод
Водород
...РАЗДЕЛЯЕТСЯ НА ИОНЫ ВОДОРОДА И ЭЛЕКТРОНЫ. КАТОД В ЭТОМ ПРОЦЕССЕ ЯВЛЯЕТСЯ КАТАЛИЗАТОРОМ.
Катод
Атом водорода
Электрон
e⁻
Ион водорода
H⁺

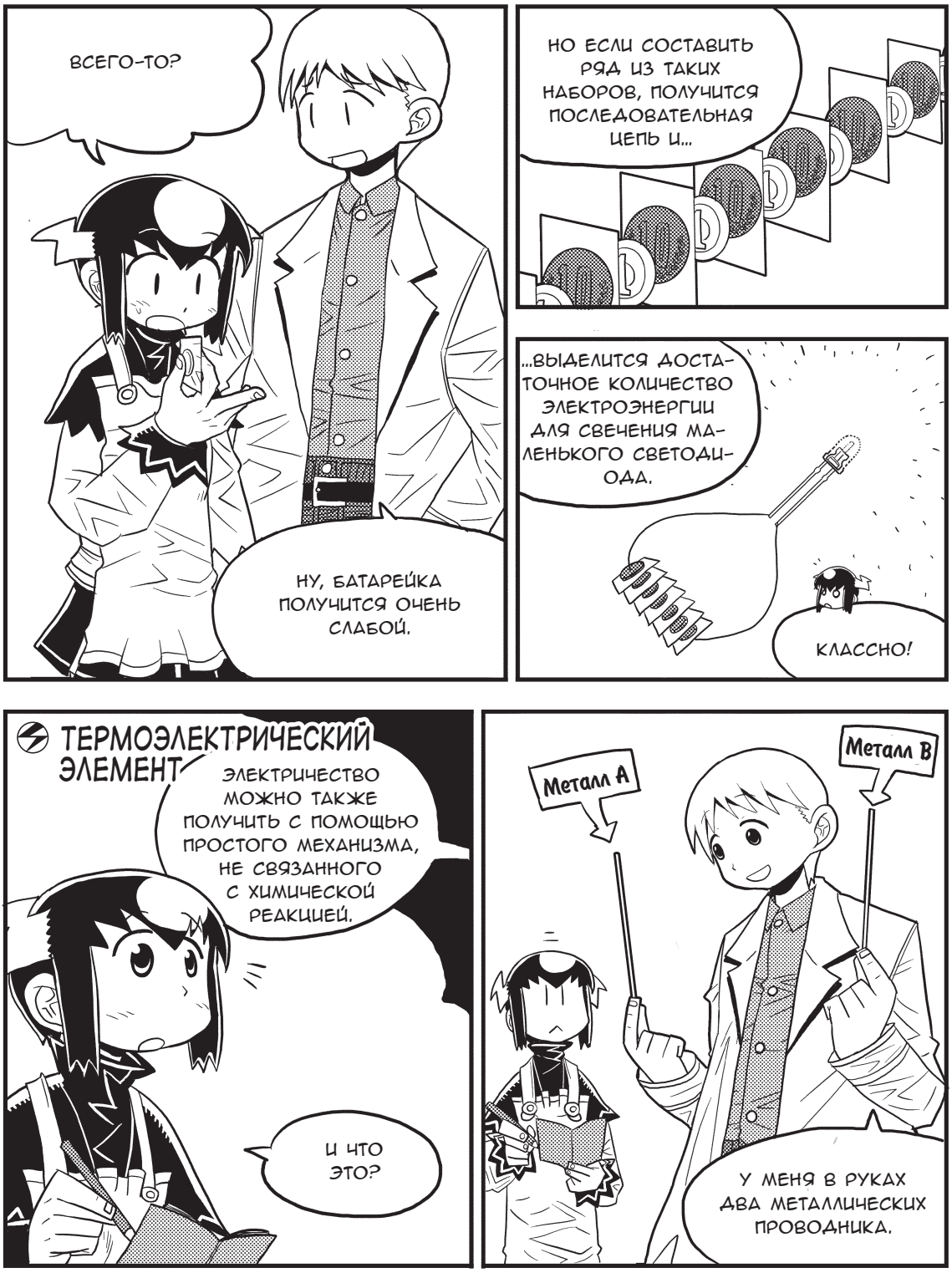

ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ
Электрон
Анод
Катод
Кисло-род
Ион во-дорода
Водо-род
ЭЛЕКТРОН ВЫХОДИТ ВО ВНЕШНЮЮ ЦЕПЬ, СОЗДАВАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, А ИОН ВОДОРОДА ПЕРЕМЕЩАЕТСЯ К АНОДУ.
Анод
Катод
Кисло-род
Ион во-дорода
Вода
ПЛАТИНОВЫЙ АНОД, ЯВЛЯЮЩИЙСЯ КАТАЛИЗАТОРОМ, ЗАСТАВЛЯЕТ ИОН ВОДОРОДА ВСТУПАТЬ В РЕАКЦИЮ С ПОСТУПАЮЩИМ КИСЛОРОДОМ. В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧАЕТСЯ ВОДА.

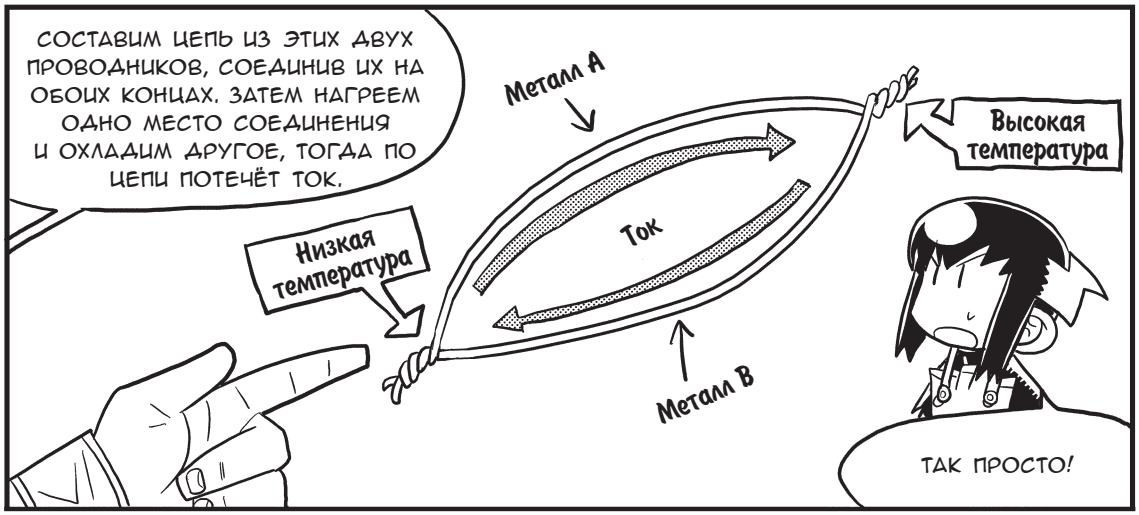

Механизм работы топливного элемента
Ток
Электроны
Анод
Катод
Элек-трон
Кис-лород
Кис-лород
Водо-род
Ион во-дорода
Вода
Вода
ЕСЛИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ВЫДЕЛЯЕТСЯ ТОЛЬКО ВОДА, ЭТО ЖЕ ХОРОШО ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ?
УГУ.

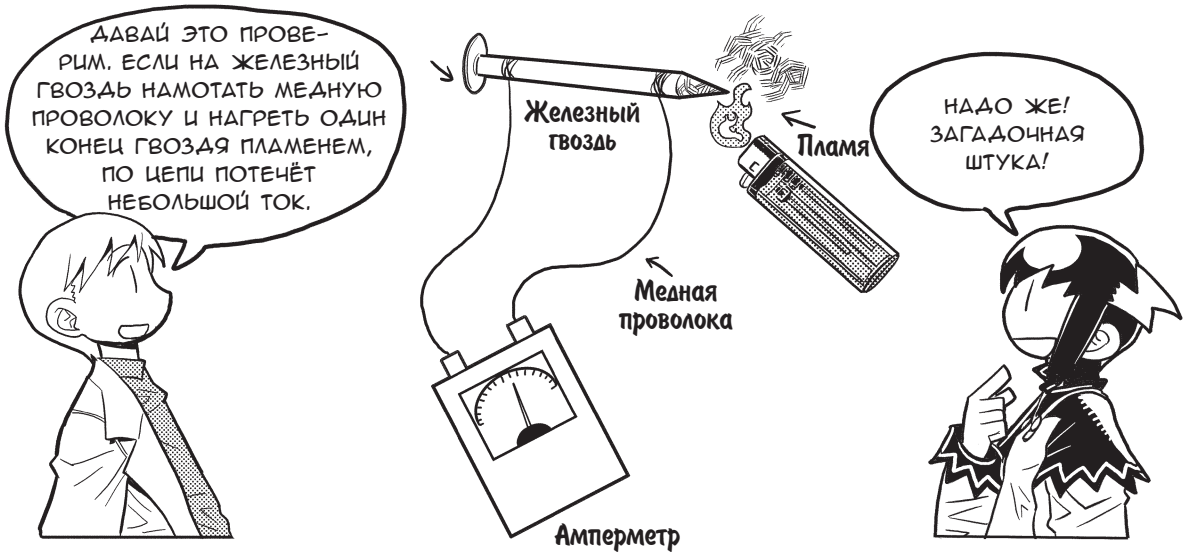

НЕТ НИ ВИБРАЦИИ, НИ ШУМА. МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ МЕХАНИЗМ ПОД НАЗВАНИЕМ **ТОПЛИВНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ**, КОТОРЫЙ ИЗВЛЕКАЕТ НЕОБХОДИМЫЙ ДЛЯ ПРОЦЕССА ВОДОРОД ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЛИ ДРЕВЕСНОГО СПИРТА, А КИСЛОРОД МОЖНО БРАТЬ ИЗ АТМОСФЕРЫ.
ПОХОЖЕ, ОДНИ ПЛЮСЫ!
ЕСЛИ ВЫРАБОТАННОЕ ПОПУТНО ТЕПЛО ТОЖЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ, ПОЛУЧАЕТСЯ ОЧЕНЬ ЭФФЕКТИВНО, К ТОМУ ЖЕ ВОДОРОД ДЛЯ ТОПЛИВА МОЖНО ПОЛУЧАТЬ ИЗ РАЗНООБРАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ.
?
НО... ЕСЛИ ЭТО ТАКИЕ ХОРОШИЕ БАТАРЕИ,... ПОЧЕМУ Я ИХ НИКОГДА НЕ ВСТРЕЧАЛА?
ОНИ ПОКА ЕЩЁ ОЧЕНЬ ДОРОГИЕ, НО ПРОЙДЁТ НЕМНОГО ВРЕМЕНИ, И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ РАСШИРИТСЯ.
ТО ЕСТЬ, ВОЗМОЖНО, СКОРО ИХ БУДУТ ПРИМЕНЯТЬ БОЛЕЕ ШИРОКО?
ИМЕННО ТАК!

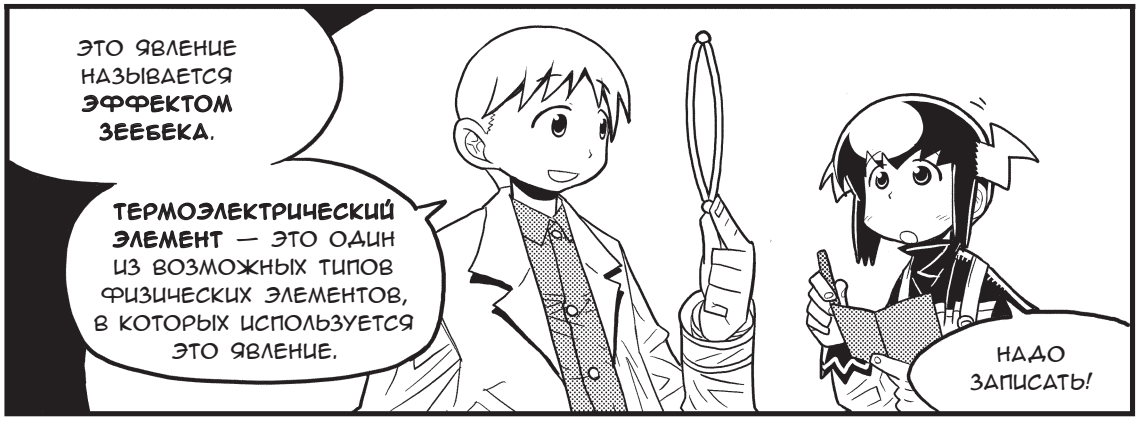
Ч.3. БАТАРЕЯ СВОИМИ РУКАМИ

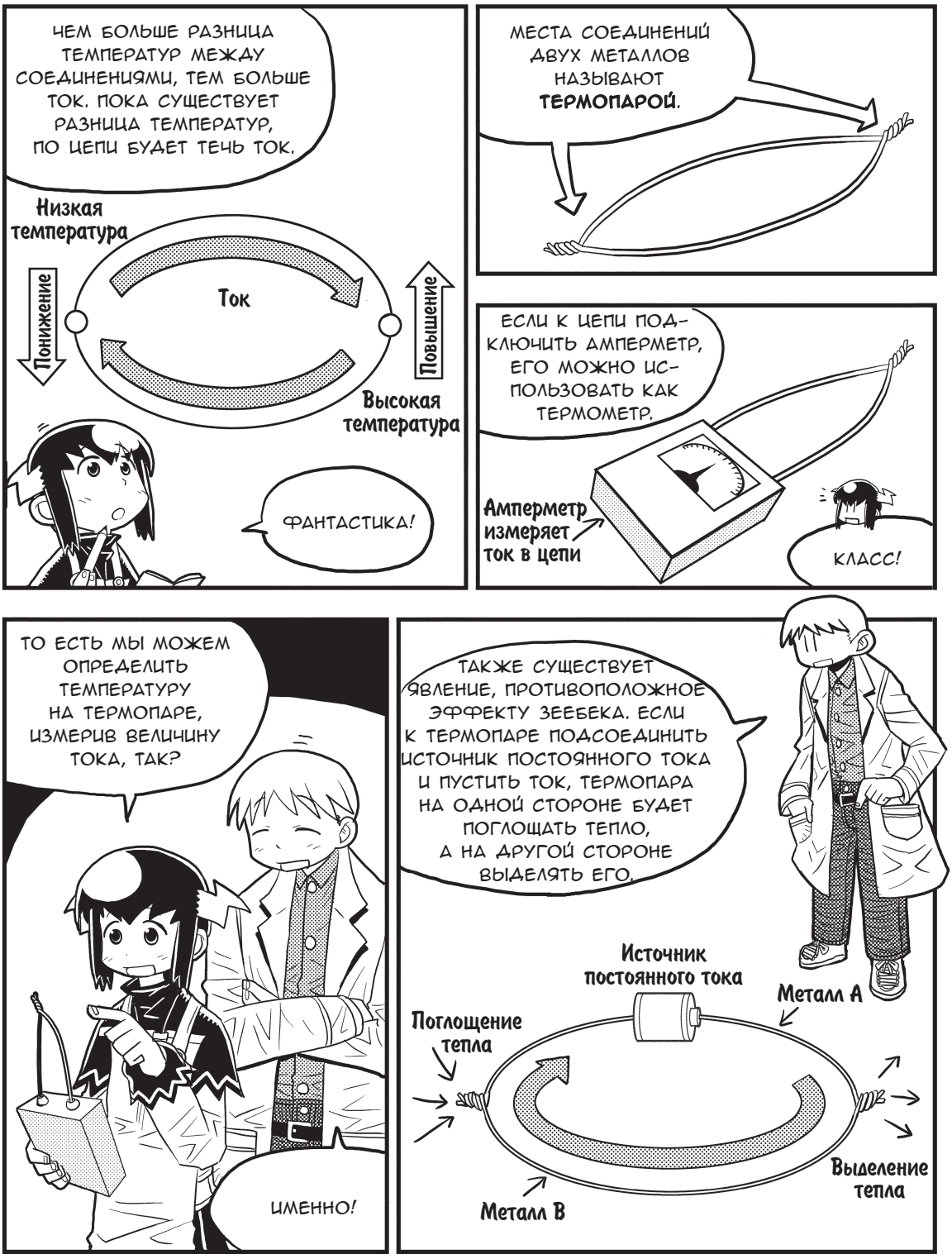


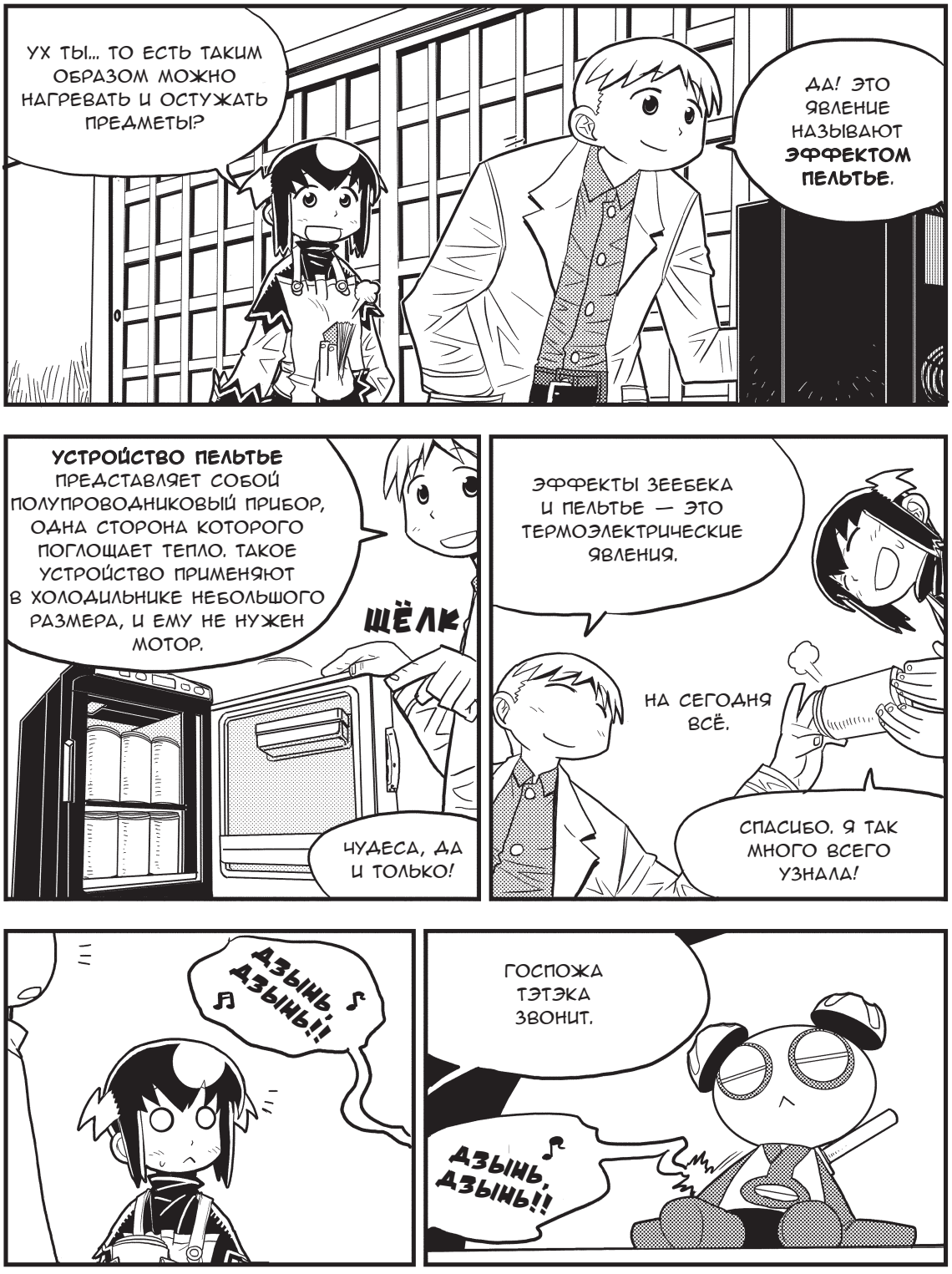

ВСЕГО-ТО?
НУ, БАТАРЕЙКА ПОЛУЧИТСЯ ОЧЕНЬ СЛАБОЙ.
НО ЕСЛИ СОСТАВИТЬ РЯД ИЗ ТАКИХ НАБОРОВ, ПОЛУЧИТСЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ И...
...ВЫДЕЛИТСЯ ДОСТАТОЧНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ СВЕЧЕНИЯ МАЛЕНЬКОГО СВЕТОДИОДА.
КЛАССНО!
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО МОЖНО ТАКЖЕ ПОЛУЧИТЬ С ПОМОЩЬЮ ПРОСТОГО МЕХАНИЗМА, НЕ СВЯЗАННОГО С ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИЕЙ.
И ЧТО ЭТО?
Металл A
Металл B
У МЕНЯ В РУКАХ ДВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКА.


СОСТАВИМ ЦЕПЬ ИЗ ЭТИХ ДВУХ ПРОВОДНИКОВ, СОЕДИНИВ ИХ НА ОБОИХ КОНЦАХ. ЗАТЕМ НАГРЕЕМ ОДНО МЕСТО СОЕДИНЕНИЯ И ОХЛАДИМ ДРУГОЕ, ТОГДА ПО ЦЕПИ ПОТЕЧЁТ ТОК.
Металл A
Высокая температура
Низкая температура
Ток
Металл B
ТАК ПРОСТО!


ДАВАЙ ЭТО ПРОВЕРИМ. ЕСЛИ НА ЖЕЛЕЗНЫЙ ГВОЗДЬ НАМОТАТЬ МЕДНУЮ ПРОВОЛОКУ И НАГРЕТЬ ОДИН КОНЕЦ ГВОЗДЯ ПЛАМЕНЕМ, ПО ЦЕПИ ПОТЕЧЁТ НЕБОЛЬШОЙ ТОК.
Железный гвоздь
Пламя
Медная проволока
Амперметр
НАДО ЖЕ! ЗАГАДОЧНАЯ ШТУКА!


ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЕТСЯ **ЭФФЕКТОМ ЗЕЕБЕКА**.
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ — ЭТО ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ ТИПОВ ФИЗИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, В КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ЭТО ЯВЛЕНИЕ.
НАДО ЗАПИСАТЬ!


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
Выделение тепла
Металл В


УХ ТЫ... ТО ЕСТЬ ТАКИМ ОБРАЗОМ МОЖНО НАГРЕВАТЬ И ОСТУЖАТЬ ПРЕДМЕТЫ?
ДА! ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЮТ **ЭФФЕКТОМ ПЕЛЬТЬЕ**.
УСТРОЙСТВО ПЕЛЬТЬЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРИБОР, ОДНА СТОРОНА КОТОРОГО ПОГЛОЩАЕТ ТЕПЛО. ТАКОЕ УСТРОЙСТВО ПРИМЕНЯЮТ В ХОЛОДИЛЬНИКЕ НЕБОЛЬШОГО РАЗМЕРА, И ЕМУ НЕ НУЖЕН МОТОР.
ЩЁЛК
ЧУДЕСА, ДА И ТОЛЬКО!
ЭФФЕКТЫ ЗЕЕБЕКА И ПЕЛЬТЬЕ — ЭТО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ.
НА СЕГОДНЯ ВСЁ.
СПАСИБО. Я ТАК МНОГО ВСЕГО УЗНАЛА!
ДЗЫНЬ, ДЗЫНЬ!!
ГОСПОЖА ТЭТЭКА ЗВОНИТ.
ДЗЫНЬ, ДЗЫНЬ!!

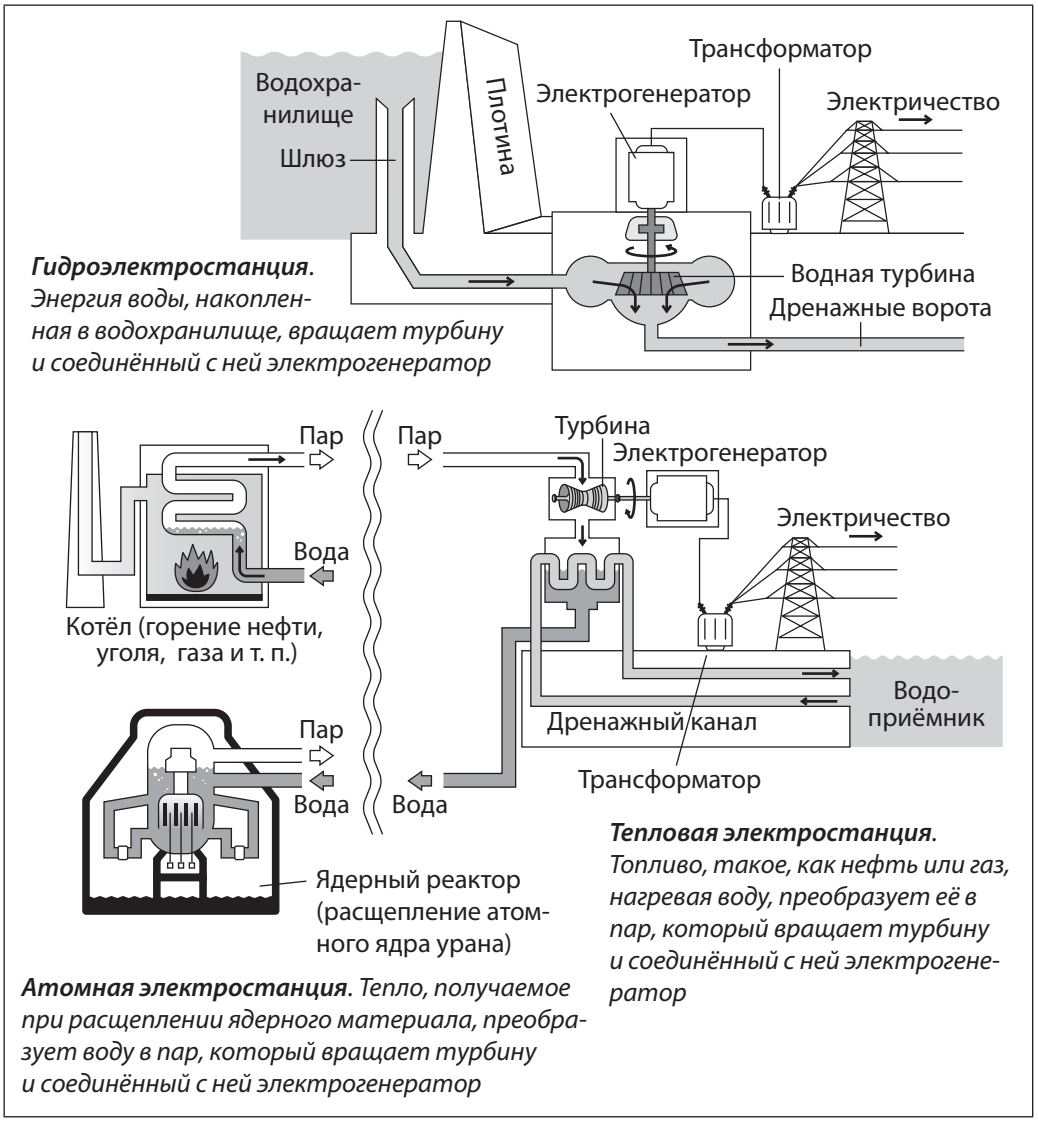
АЛЛО?
ЭТО РЕРЭКО!
Как дела?
Как
занятия?
ВСЁ ХОРОШО.
СХОЖУ
ПОКА
В ДУШ...
Назначено
время твоего
возвращения.
Кр-р-р...у-у-
ш-ш...
БАБАХ!!
А-А-А!
ДЁРГ
ЧТО ЗА!..
ЧТО
СЛУЧИЛОСЬ?
ХЛОП!
НЕ ЗНАЮ!
ХИКАРУ-САН!
ЁНОСКЭ...
ПШ-Ш-Ш...

ЁНОСКЭ СЛОМАЛСЯ...
ПШ...
ПШ...
ЕСЛИ ОН СОВСЕМ СЛОМАЛСЯ, Я НЕ СМОГУ ОБЩАТЬСЯ С ЭЛЕКТОНИЕЙ...
...И НЕ СМОГУ ВЕРНУТЬСЯ ДОМОЙ.
ЧТО ЖЕ ДЕЛАТЬ?..
.....
ПОПРОБУЮ ЕГО ПОЧИНИТЬ.
ПОЖАЛУЙСТА, ПОСТАРАЙСЯ!

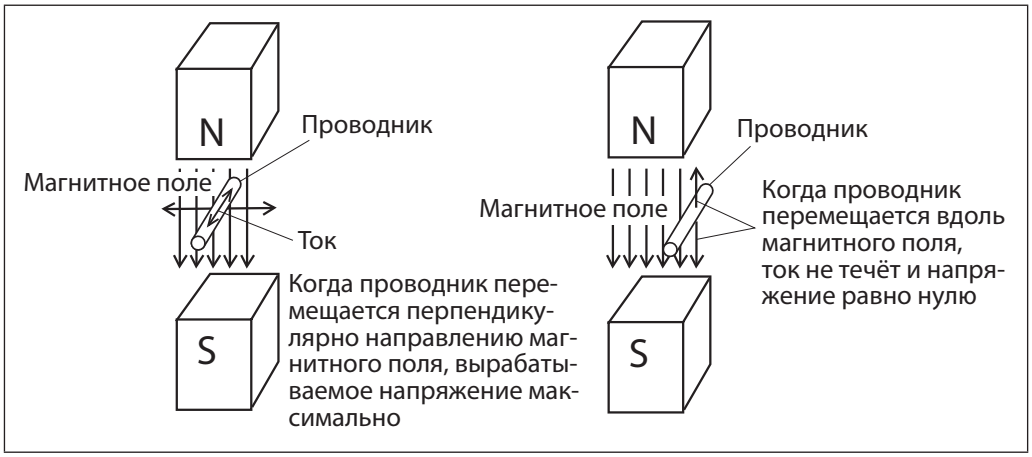
Ч.Ч. ДАВАЙТЕ РАЗБЕРЁМСЯ!

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ВЫРАБАТЫВАЕМОЕ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

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

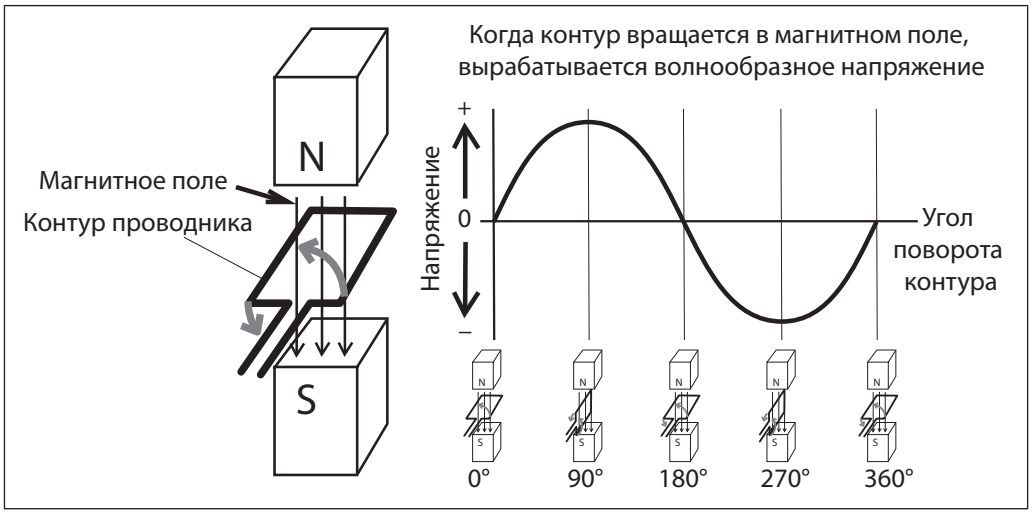


Электричество, вырабатываемое на электростанции.



Электричество, вырабатываемое в проводнике.

Электрогенератор 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.

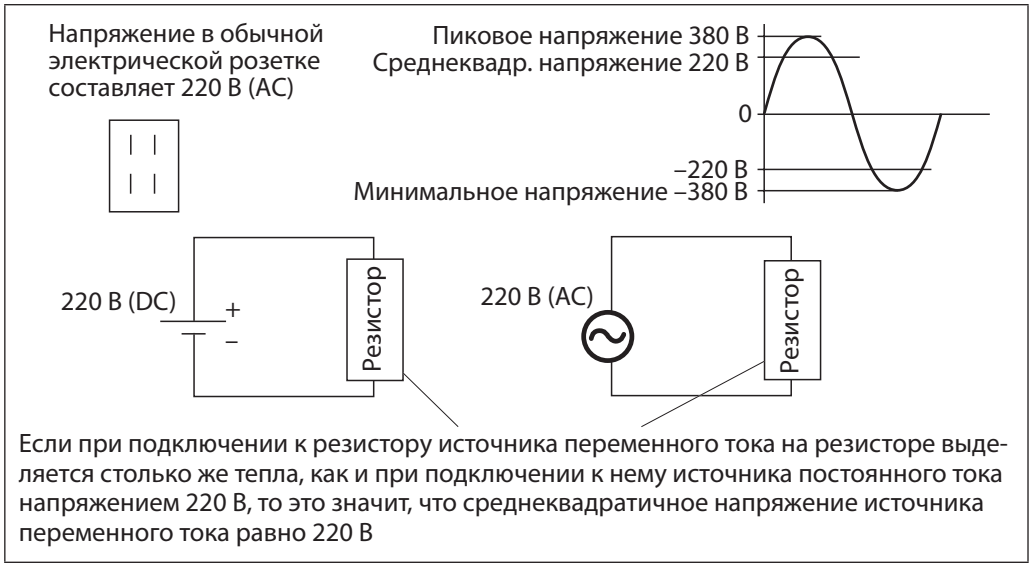


Электричество, вырабатываемое электрогенератором.

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

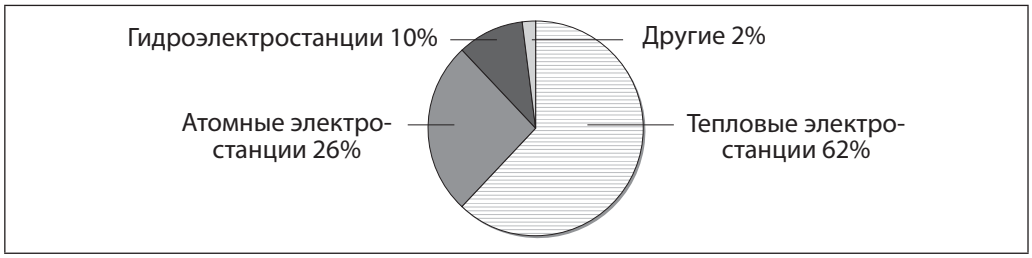
нитном поле. Если проводник вращается со скоростью 50 оборотов в секунду, получится 50 волн в секунду. Так получают электричество частотой 50 герц (Гц).

В обычной электрической розетке напряжение составляет 220 В переменного тока (AC). *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 (AC).

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



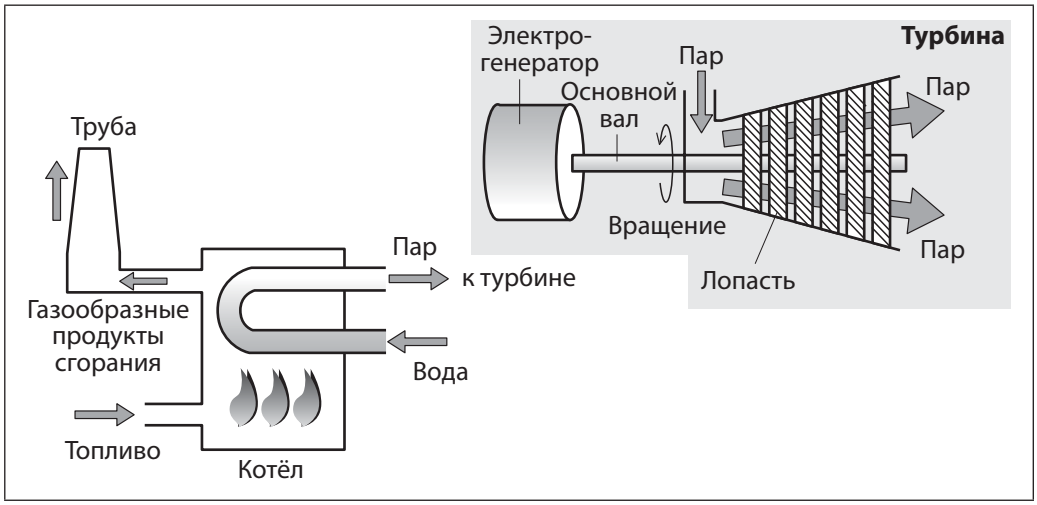
Вклад электростанций различных типов в общую выработку электроэнергии.

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

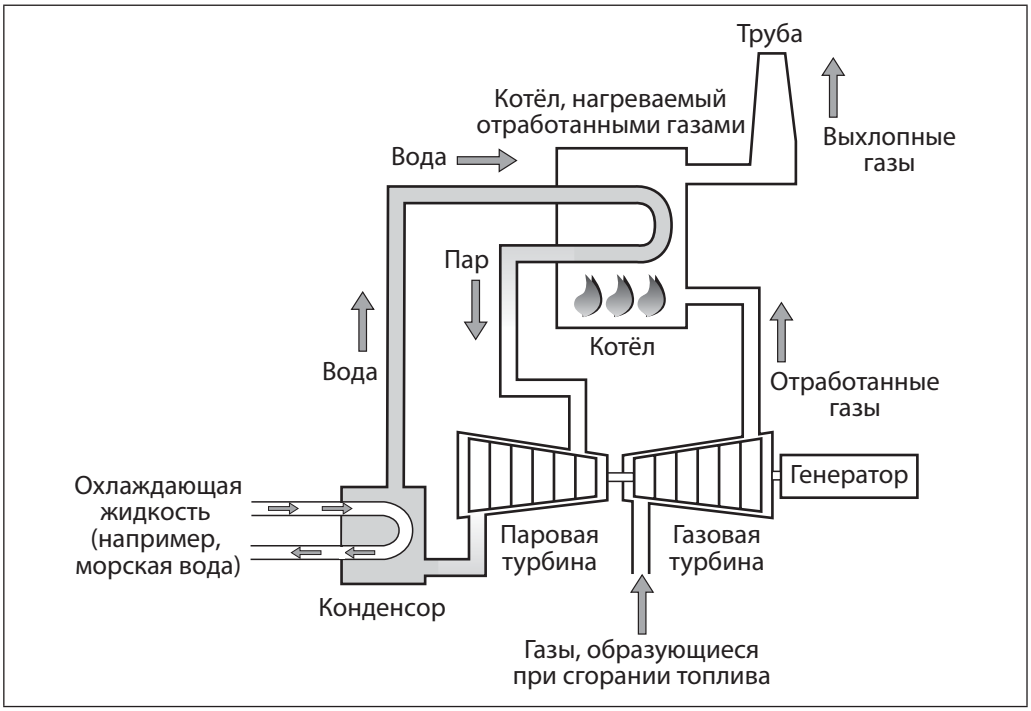


Газотурбинная и паровая выработка электроэнергии.

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.



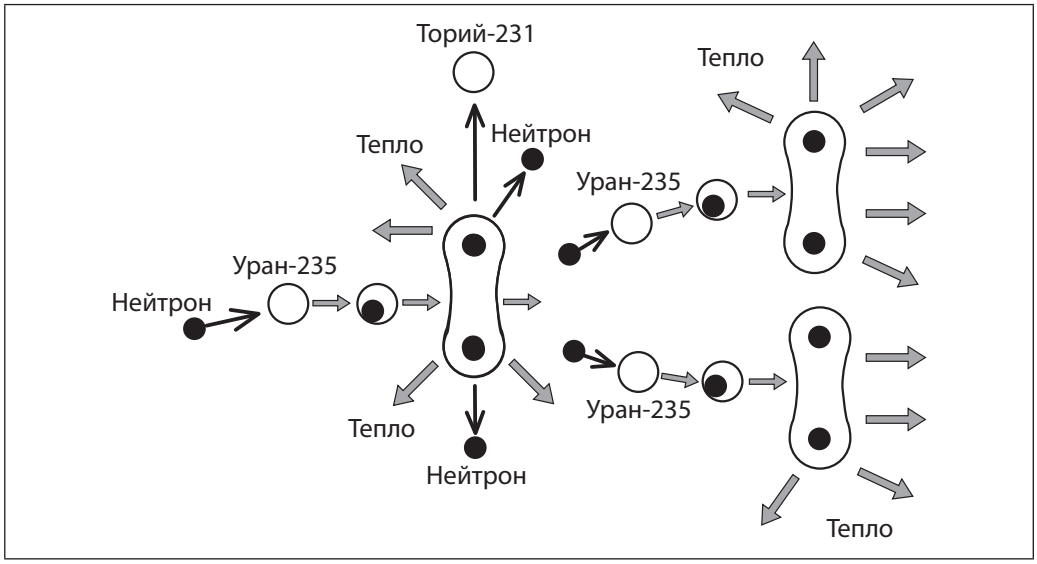
Парогазовый цикл.

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.

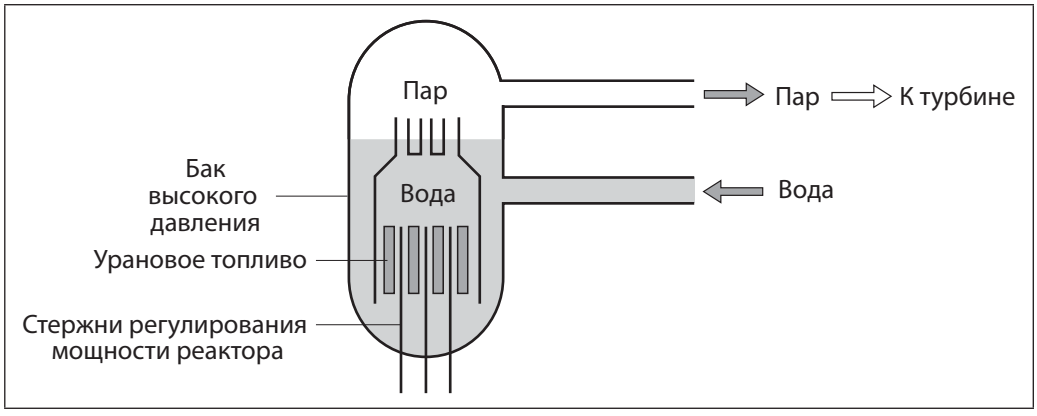
На атомной станции это тепло превращается в пар, который, также как и на тепловых электростанциях, вращает турбину и вырабатывает электричество. Выходную мощность атомных реакторов регулируют, управляя процессом деления ядер с помощью стержней, которые поглощают нейтроны, а также замедлителя, который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



Деление ядер урана-235.

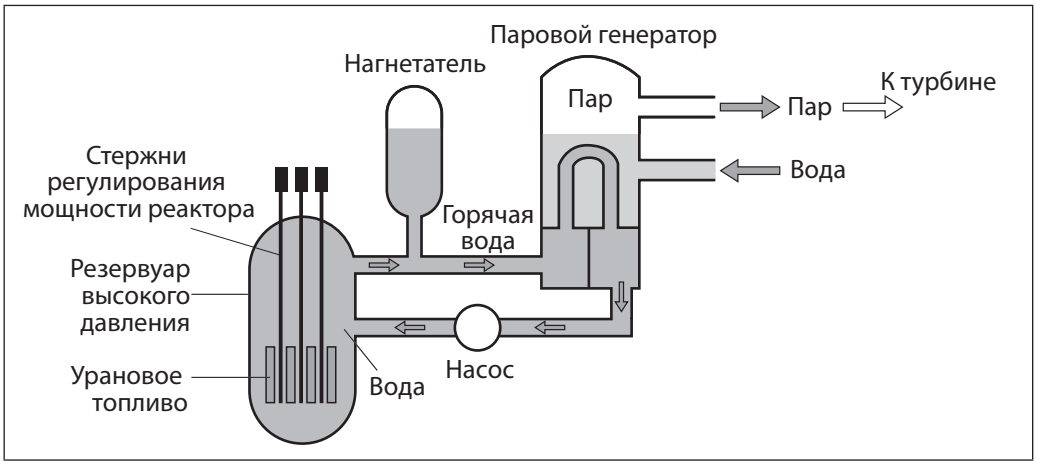
Существует несколько типов атомных реакторов. В настоящее время в основном применяются *ядерные реакторы на лёгкой воде*, которые в качестве замедляющего и охлаждающего вещества используют лёгкую (т. е. обычную) воду. Реакторы на лёгкой воде включают в себя кипящие реакторы и реакторы, охлаждаемые водой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

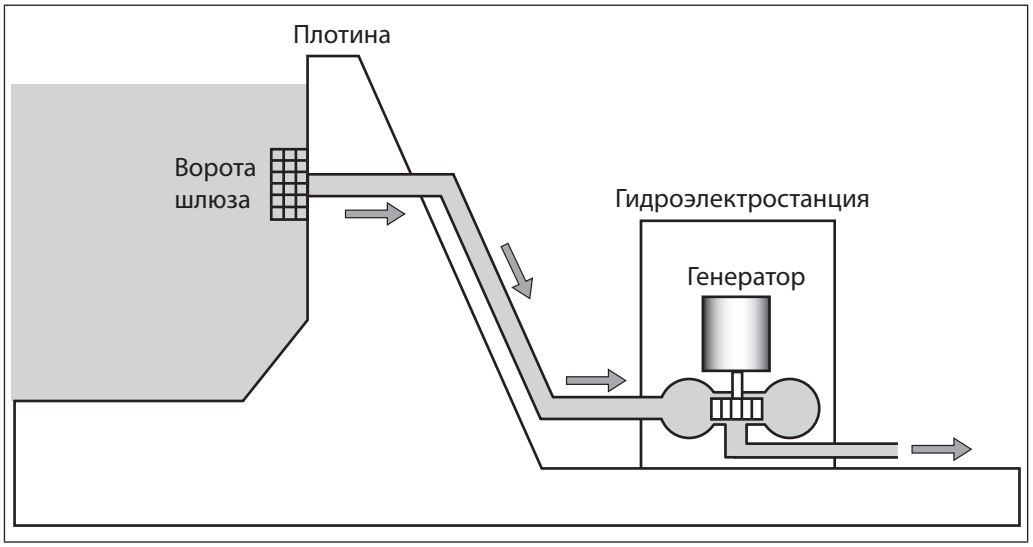
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

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.

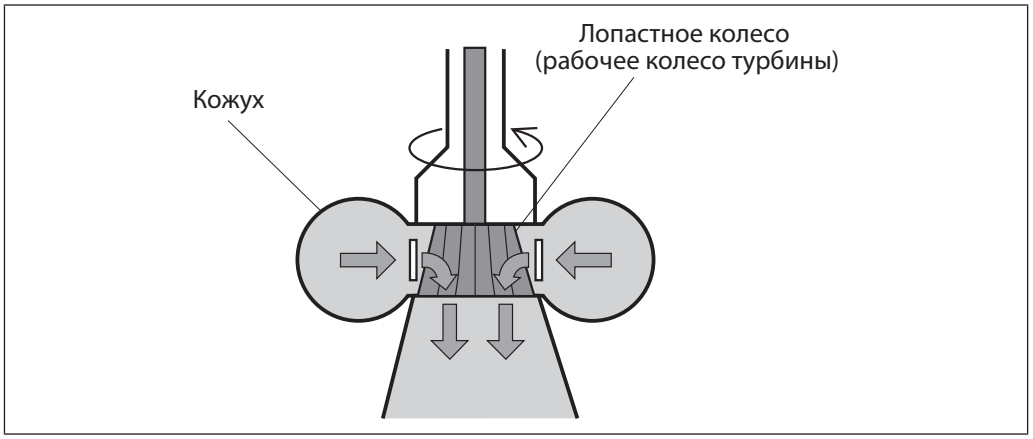
Запуск и остановка электрогенерации, а также регулировка количества вырабатываемой электроэнергии здесь реализуются проще, чем, например, на тепловых или атомных электростанциях, благодаря чему можно вырабатывать электроэнергию с учётом меняющихся потребностей. Когда потребности в электричестве снижены, 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.

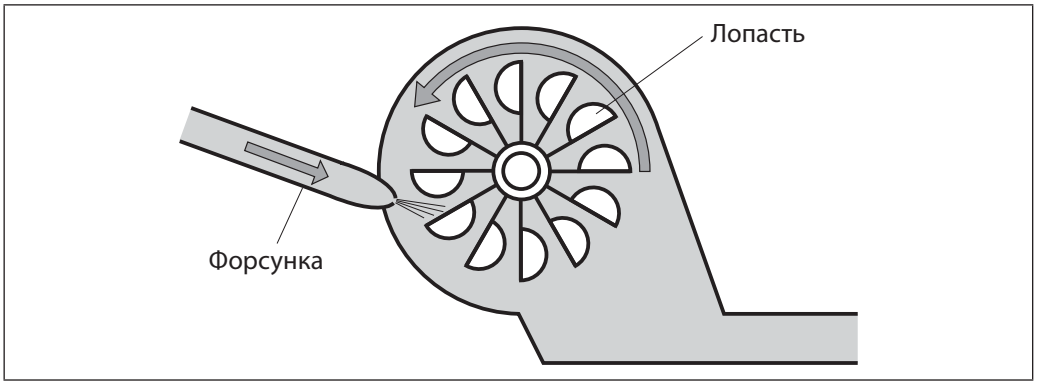
При большом объёме проходящей воды и уровне от среднего до высокого используется *радиально-осевая гидротурбина* (*турбина Френсиса)*. В Японии этот вид турбины применяется примерно на 70% от общего числа гидроэлектростанций. Вода со всех направлений поступает на лопасти главного вала, заставляя его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



Радиально-осевая гидротурбина.

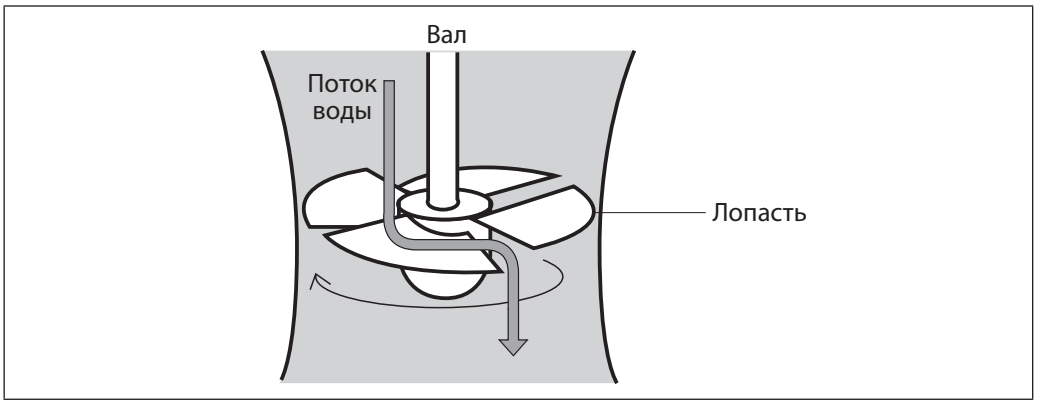
Тангенциальная турбина (колесо Пельтона) — это турбина, вращающаяся в результате кинетической энергии воды, с силой выры-

вающейся из форсунки и ударяющейся в ложкообразную 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).*

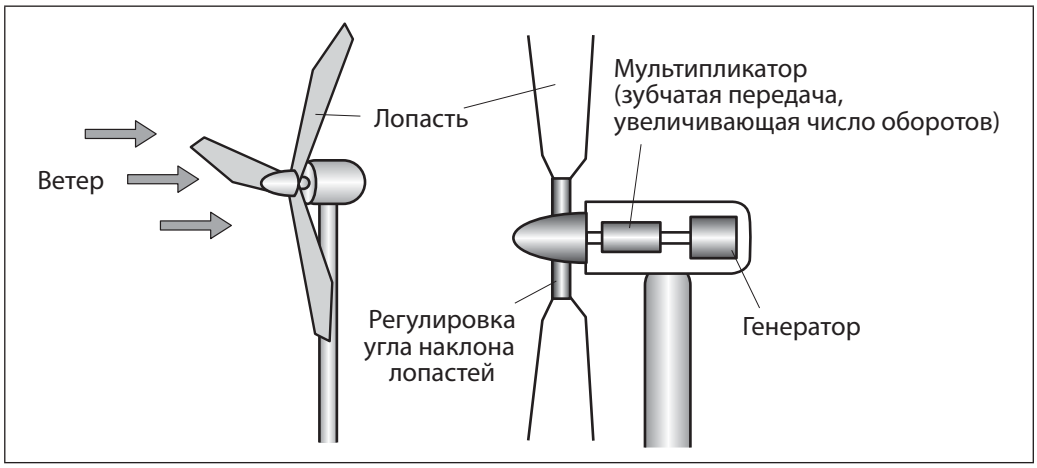


Поворотно-лопастная турбина (турбина Каплан).

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.



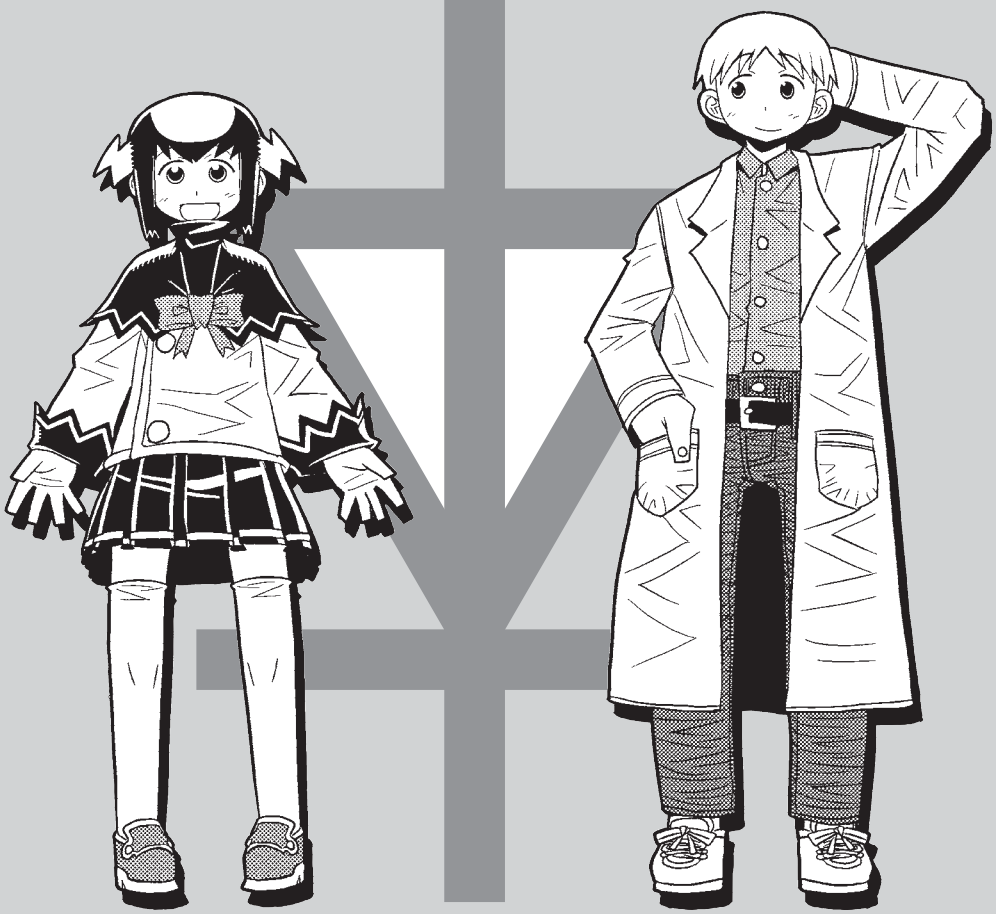
Устройство ветровой электростанции (пропеллерной ветровой турбины).

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.

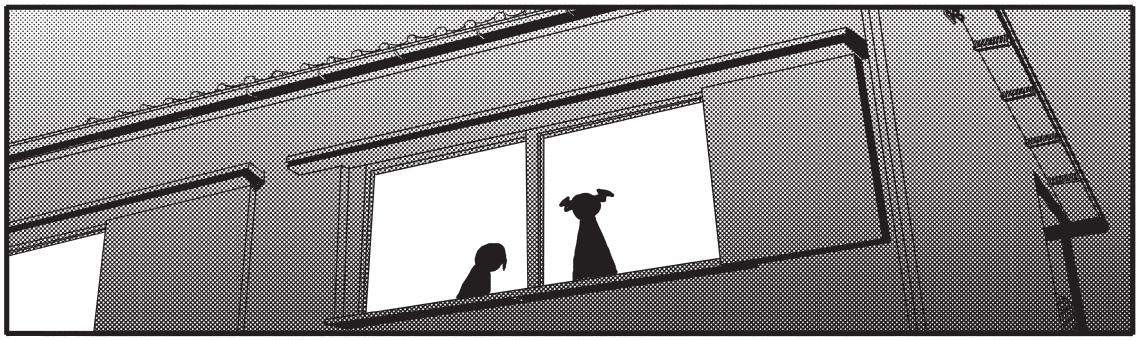
5

КАК МОЖНО С ПОЛЬЗОЙ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

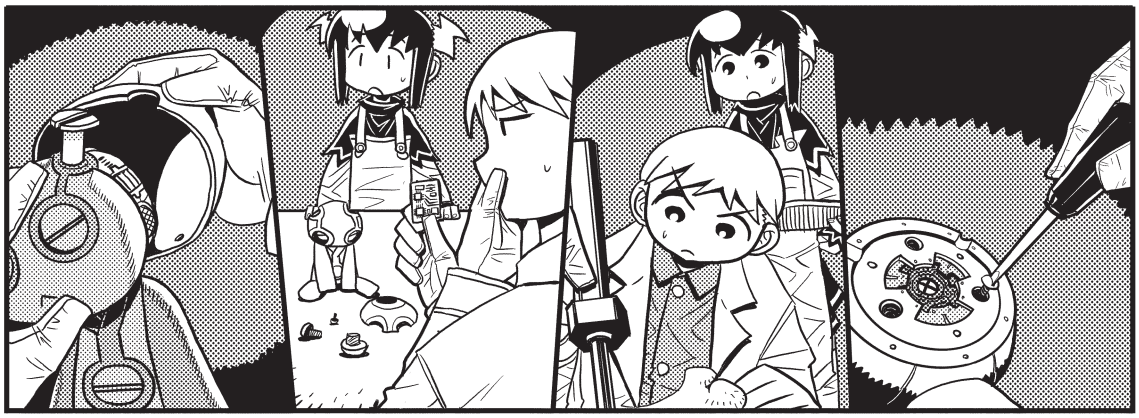


5.1. СВЯЗЬ ВОССТАНОВЛЕНА!

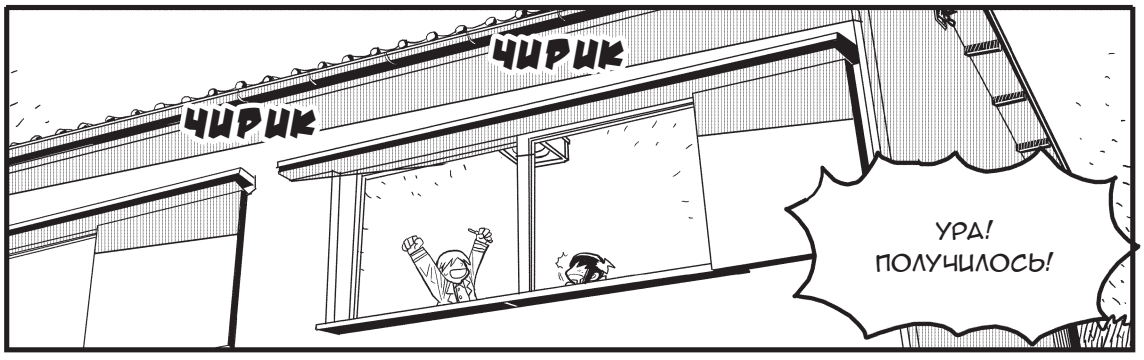
К счастью, Хикару удалось починить Ёноскэ с помощью земных технологий.

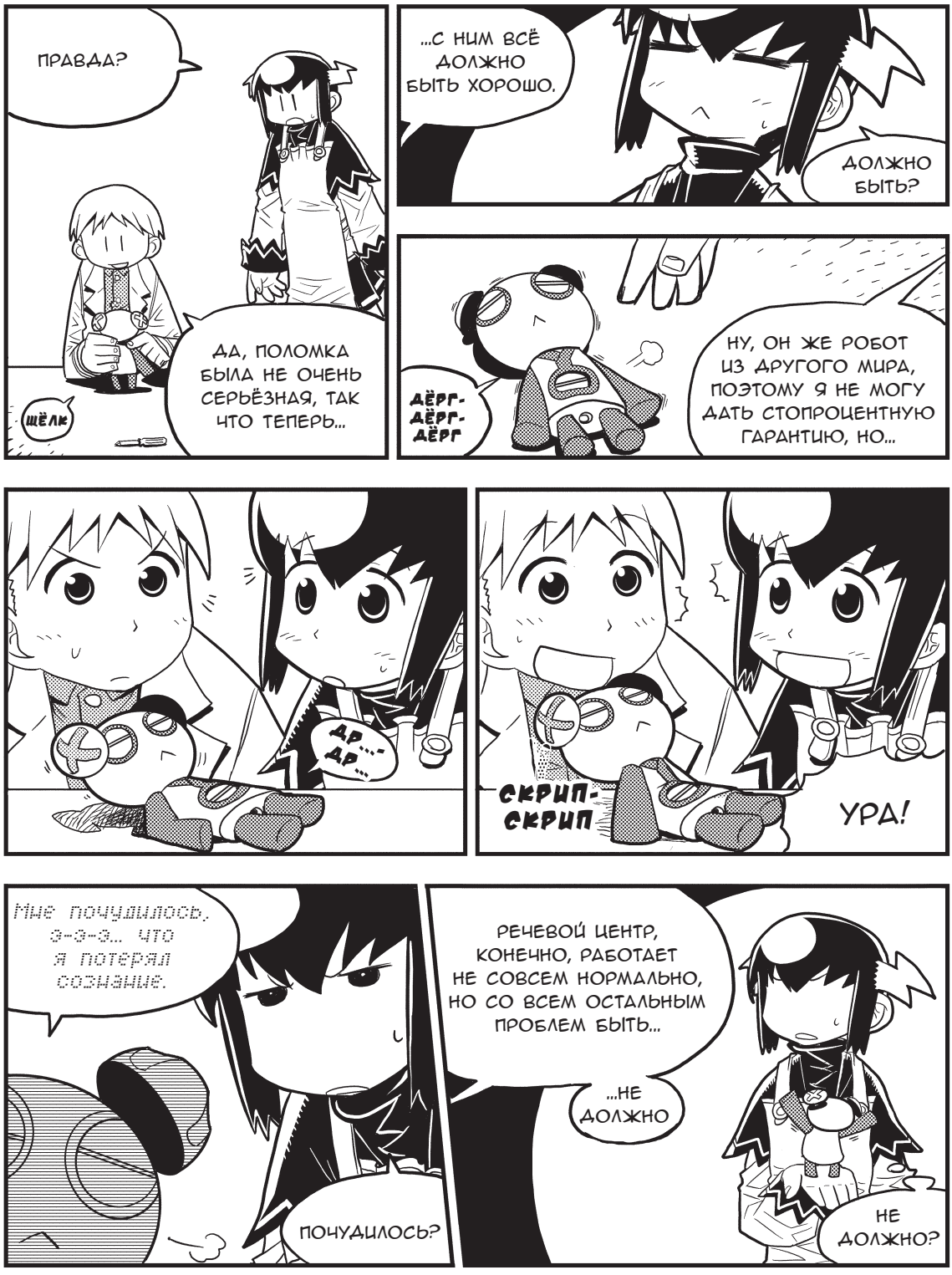


Он трудился над проблемой несколько вечеров...

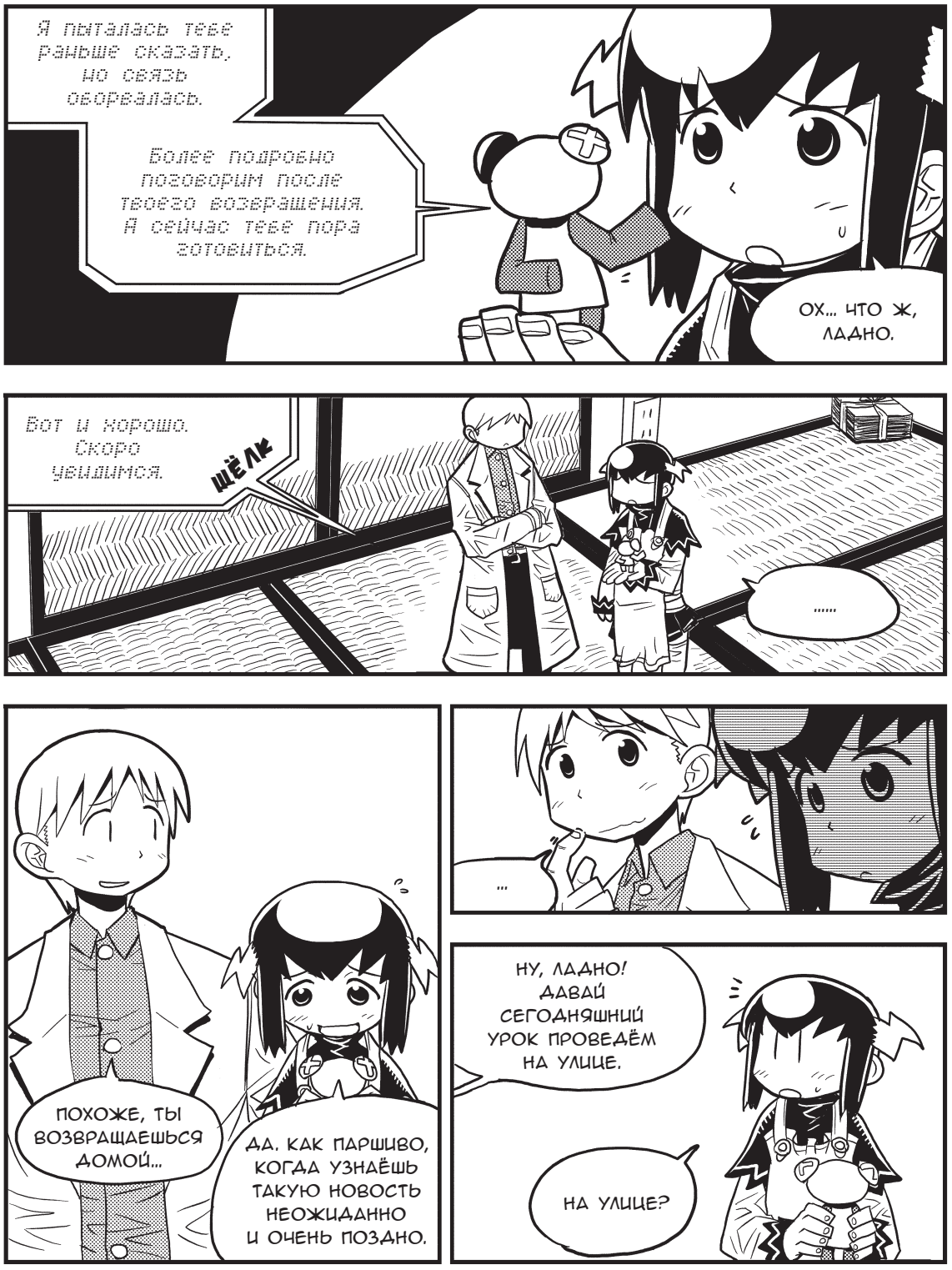


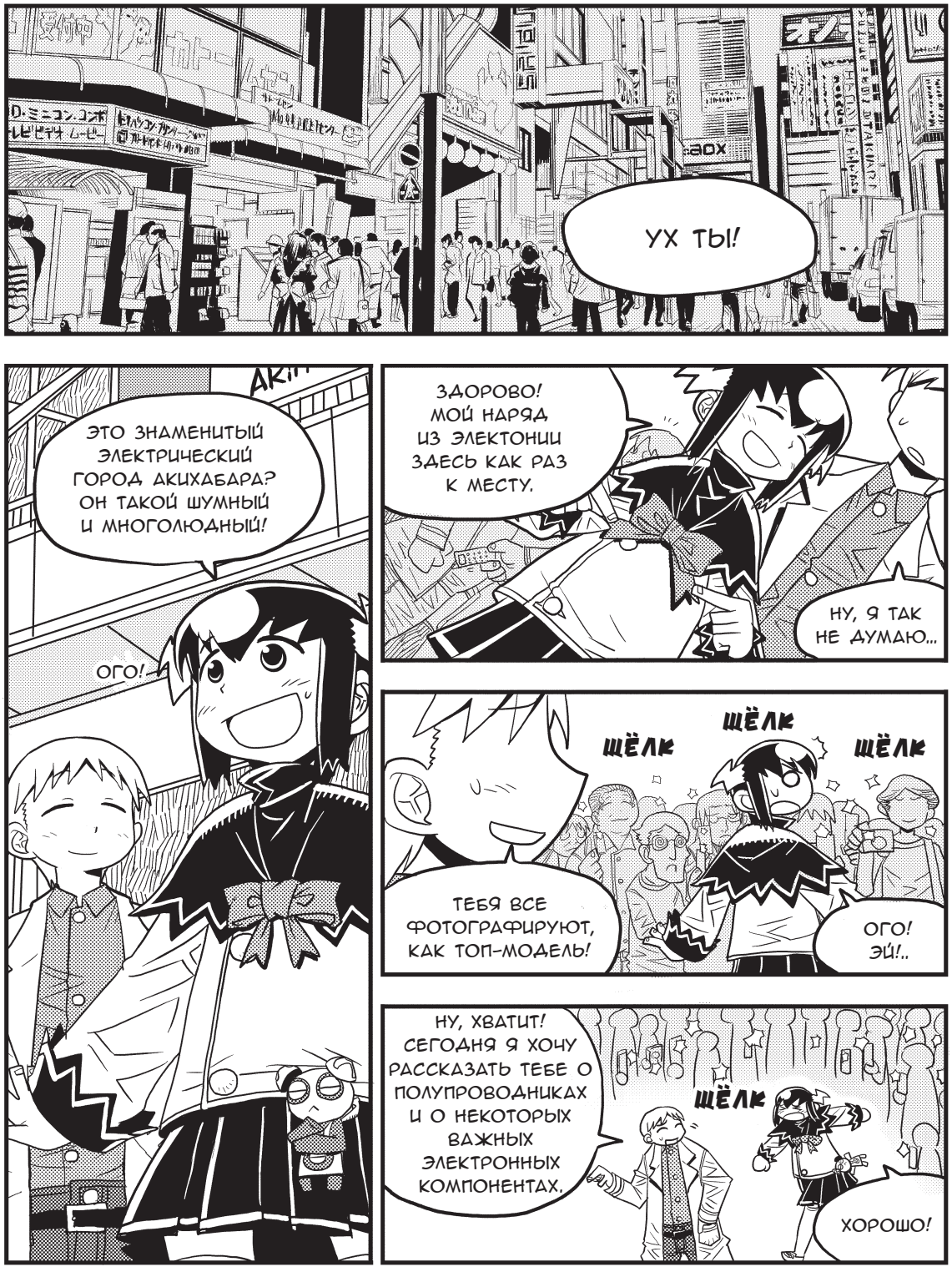
и наконец, через несколько дней...



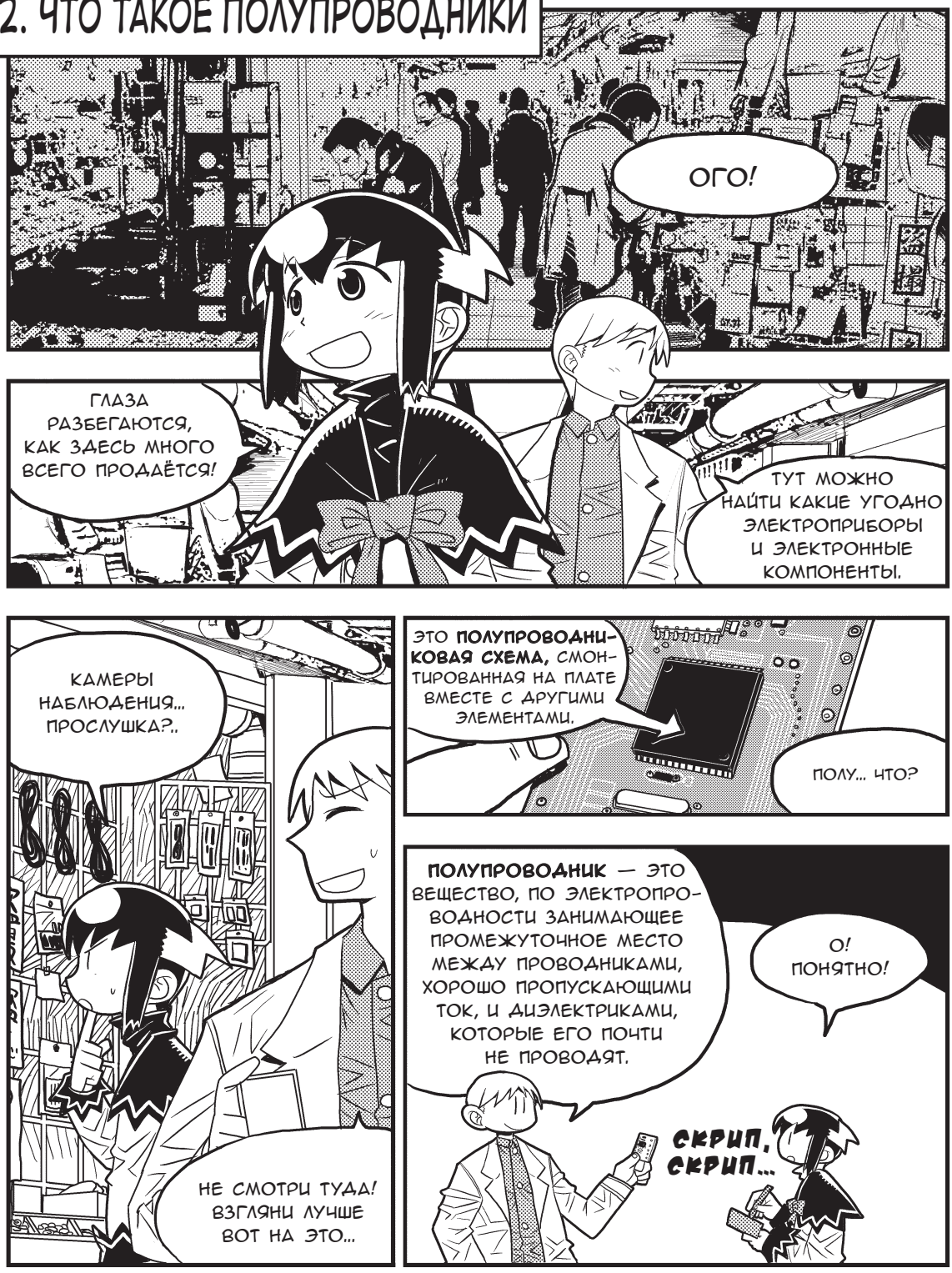

ПРАВДА?
ШЁЛК
ДА, ПОЛОМКА БЫЛА НЕ ОЧЕНЬ СЕРЬЁЗНАЯ, ТАК ЧТО ТЕПЕРЬ...
...С НИМ ВСЁ ДОЛЖНО БЫТЬ ХОРОШО.
ДОЛЖНО БЫТЬ?
ДЁРГ-ДЁРГ-ДЁРГ
НУ, ОН ЖЕ РОБОТ ИЗ ДРУГОГО МИРА, ПОЭТОМУ Я НЕ МОГУ ДАТЬ СТОПРОЦЕНТНУЮ ГАРАНТИЮ, НО...
ДР...-ДР...
СКРИП-СКРИП
УРА!
Мне почудилось, э-э-э... что я потерял сознание.
ПОЧУДИЛОСЬ?
РЕЧЕВОЙ ЦЕНТР, КОНЕЧНО, РАБОТАЕТ НЕ СОВСЕМ НОРМАЛЬНО, НО СО ВСЕМ ОСТАЛЬНЫМ ПРОБЛЕМ БЫТЬ...
...НЕ ДОЛЖНО
НЕ ДОЛЖНО?

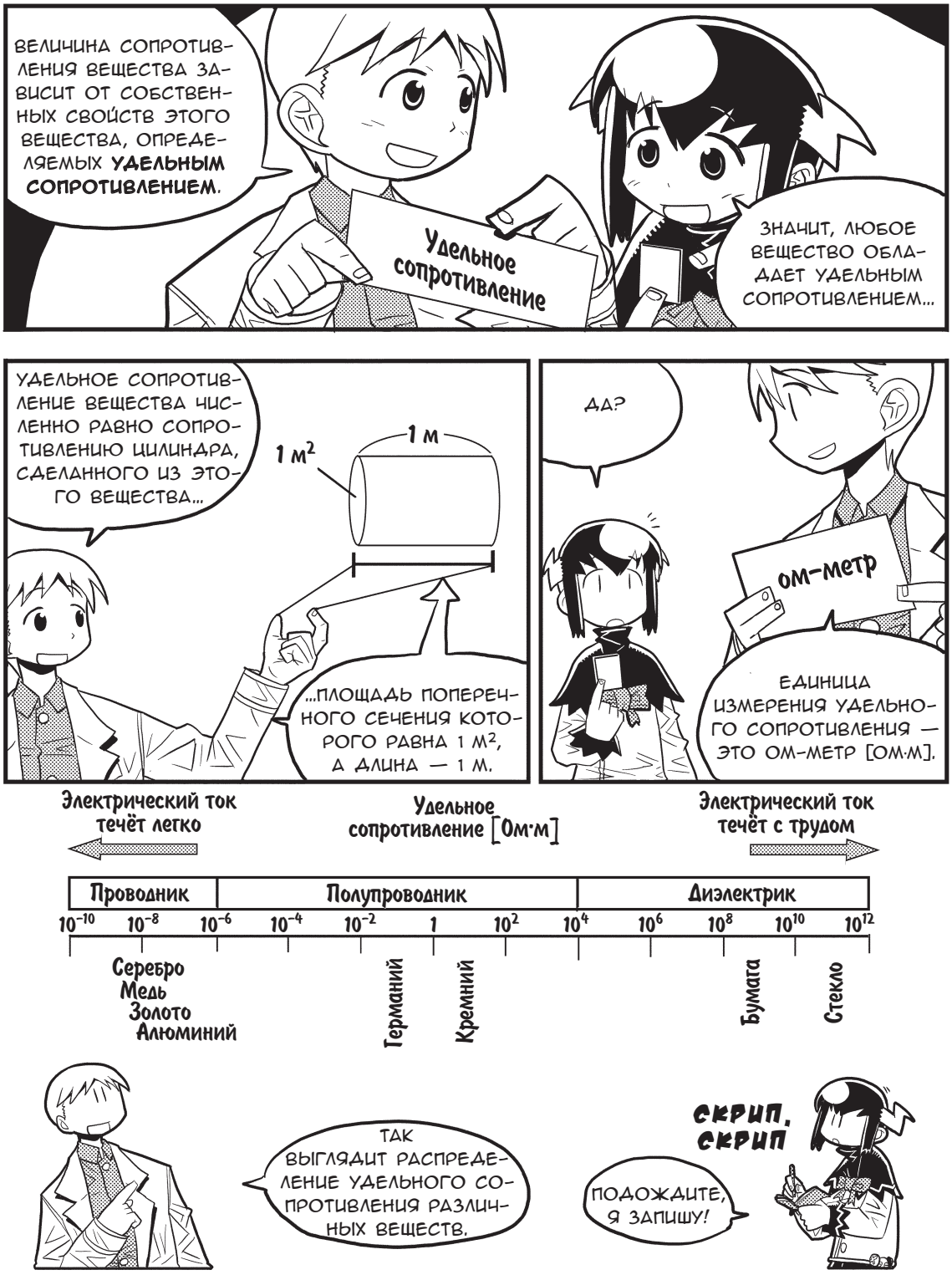
Дзынь, дзынь
О! Госпожа Тэтэка, вы меня слышите?
Что случилось? Ты вдруг... раз... и исчезла!
Ёноскэ сломался! Но Хикару-сан починил его!
...по-моему.
По-моему?
Кстати, сегодня по срокам ты должна возвращаться в Электоншн. Ты готова?
Что-о-о?! Так рано?
Сначала я был не уверен, но потом потихоньку разобрался и починил его...

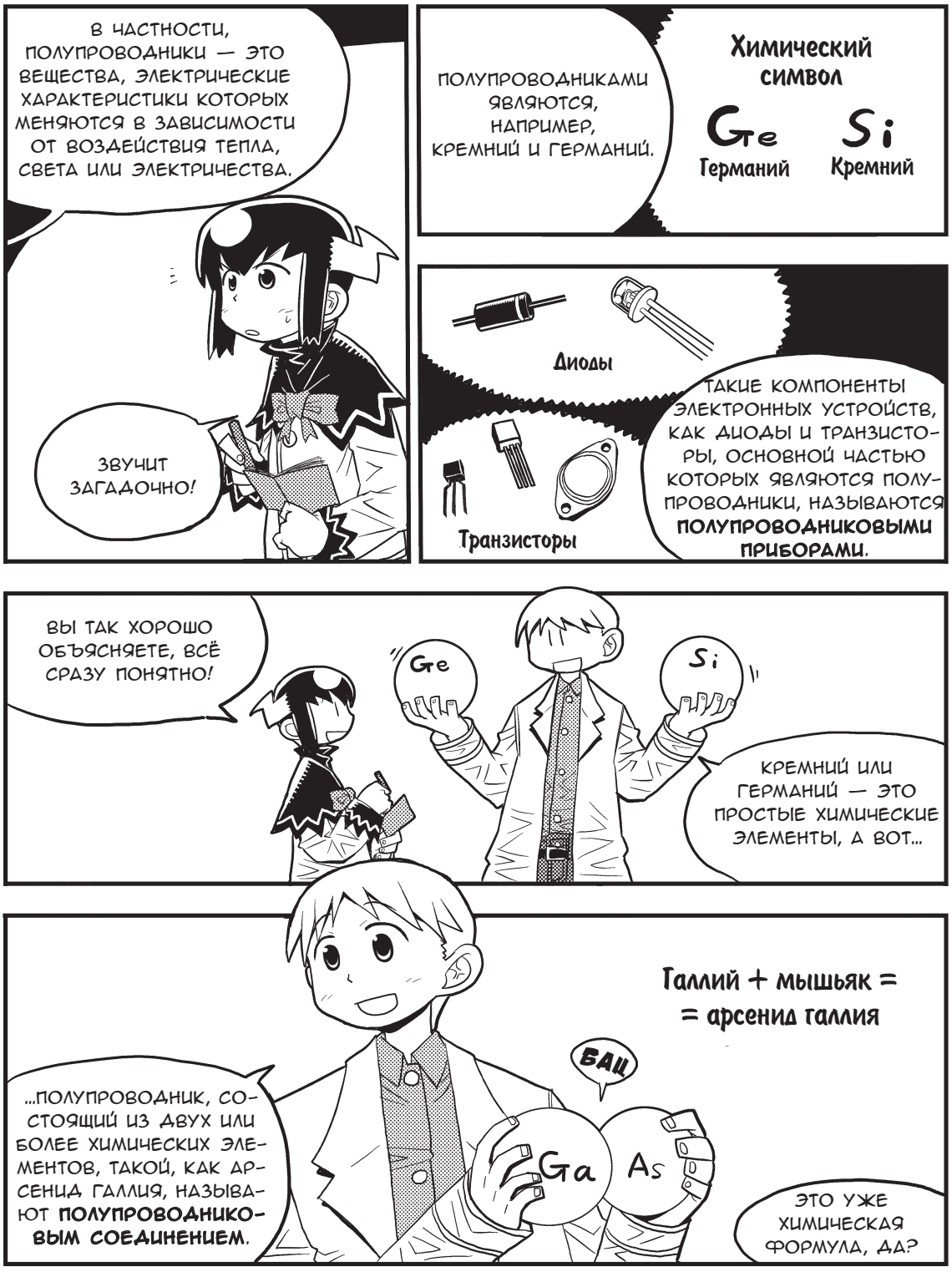

Я пыталась тебе раньше сказать, но связь оборвалась.
Более подробно поговорим после твоего возвращения. А сейчас тебе пора готовиться.
ОХ... ЧТО Ж, ЛАДНО.
Вот и хорошо. Скоро увидимся.
ЩЁЛК
.....
ПОХОЖЕ, ТЫ ВОЗВРАЩАЕШЬСЯ ДОМОЙ...
ДА. КАК ПАРШИВО, КОГДА УЗНАЁШЬ ТАКУЮ НОВОСТЬ НЕОЖИДАННО И ОЧЕНЬ ПОЗДНО.
...
НУ, ЛАДНО! ДАВАЙ СЕГОДНЯШНИЙ УРОК ПРОВЕДЁМ НА УЛИЦЕ.
НА УЛИЦЕ?


УХ ТЫ!
ЭТО ЗНАМЕНИТЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГОРОД АКИХАБАРА? ОН ТАКОЙ ШУМНЫЙ И МНОГОЛЮДНЫЙ!
ОГО!
ЗДОРОВО! МОЙ НАРЯД ИЗ ЭЛЕКТОНИИ 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!

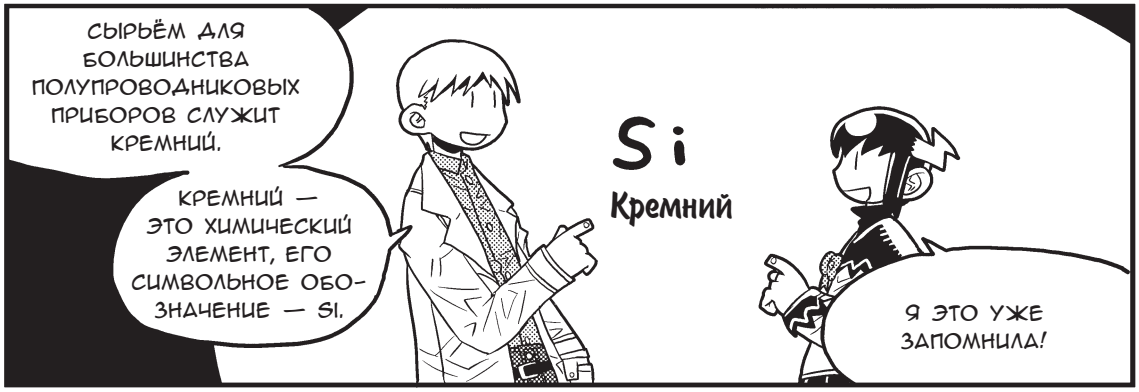
5.2. ЧТО ТАКОЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ



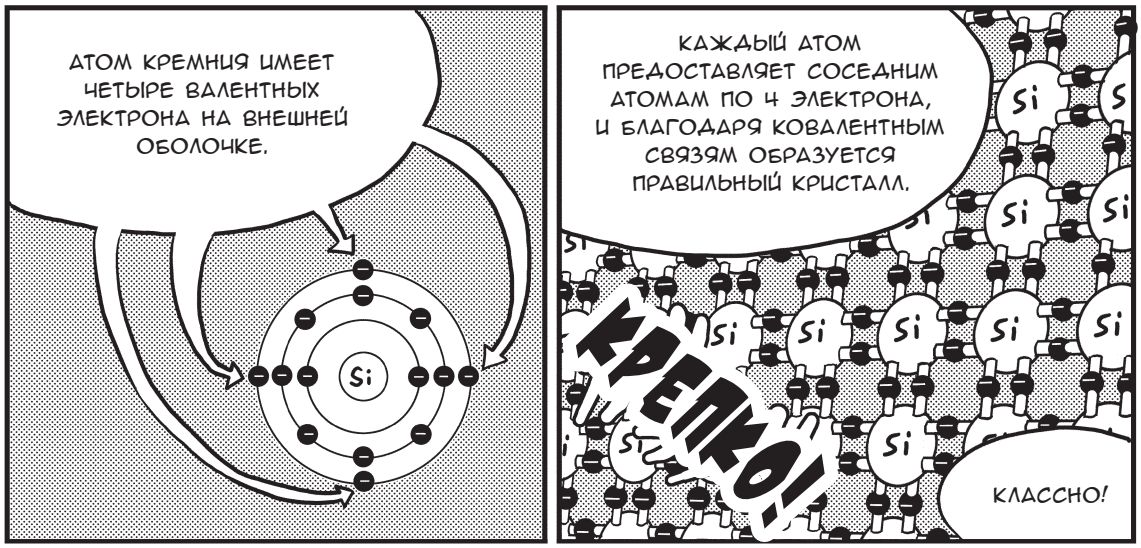

ВЕЛИЧИНА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВА ЗАВИСИТ ОТ СОБСТВЕННЫХ СВОЙСТВ ЭТОГО ВЕЩЕСТВА, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ **УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ**.
Удельное сопротивление
ЗНАЧИТ, ЛЮБОЕ ВЕЩЕСТВО ОБЛАДАЕТ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ...
УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ЧИСЛЕННО РАВНО СОПРОТИВЛЕНИЮ ЦИЛИНДРА, СДЕЛАННОГО ИЗ ЭТОГО ВЕЩЕСТВА...
1 м²
1 м
...ПЛОЩАДЬ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КОТОРОГО РАВНА 1 м², А ДЛИНА — 1 м.
ДА?
ом-метр
ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ — ЭТО ОМ-МЕТР [ОМ·М].
Электрический ток течёт легко
Удельное сопротивление [Ом·м]
Электрический ток течёт с трудом
Проводник
Полупроводник
Диэлектрик
10⁻¹⁰ 10⁻⁸ 10⁻⁶ 10⁻⁴ 10⁻² 1 10² 10⁴ 10⁶ 10⁸ 10¹⁰ 10¹²
Серебро
Медь
Золото
Алюминий
Германий
Кремний
Бумага
Стекло
ТАК ВЫГЛЯДИТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ.
ПОДОЖДИТЕ, Я ЗАПИШУ!
СКРИП, СКРИП


В ЧАСТНОСТИ, ПОЛУПРОВОДНИКИ — ЭТО ВЕЩЕСТВА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТОРЫХ МЕНЯЮТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛА, СВЕТА ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.
ЗВУЧИТ ЗАГАДОЧНО!
ПОЛУПРОВОДНИКАМИ ЯВЛЯЮТСЯ, НАПРИМЕР, КРЕМНИЙ И ГЕРМАНИЙ.
Химический символ
Ge
Германий
Si
Кремний
Диоды
Транзисторы
ТАКИЕ 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...
Галлий + мышьяк = = арсенид галлия
БАЦ
Ga
As
...ПОЛУПРОВОДНИК, СОСТОЯЩИЙ ИЗ ДВУХ ИЛИ БОЛЕЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ТАКОЙ, КАК АРСЕНИД ГАЛЛИЯ, НАЗЫВАЮТ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ.
ЭТО УЖЕ ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА, ДА?

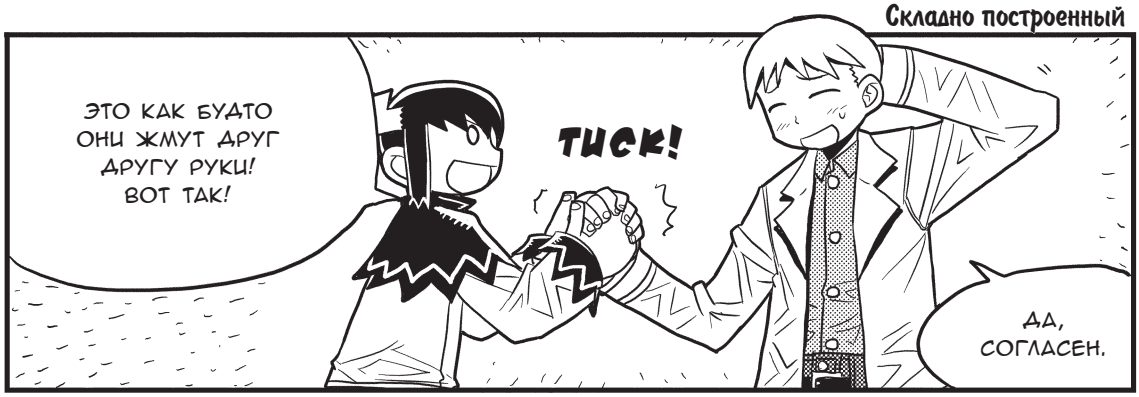
Бывают такие случаи, когда к чистому германию или кремнию необходимо добавить небольшое количество примеси.
Этот процесс, в результате которого получается **примесный полупроводник,** называется **легированием**.
Примесь
Кремний
Si
Примесь
Si
Примесный полупроводник
Полупроводник без примесей называют **беспримесным полупроводником**.
Как же много разных названий!
Да, да...
Si
Беспримесный полупроводник

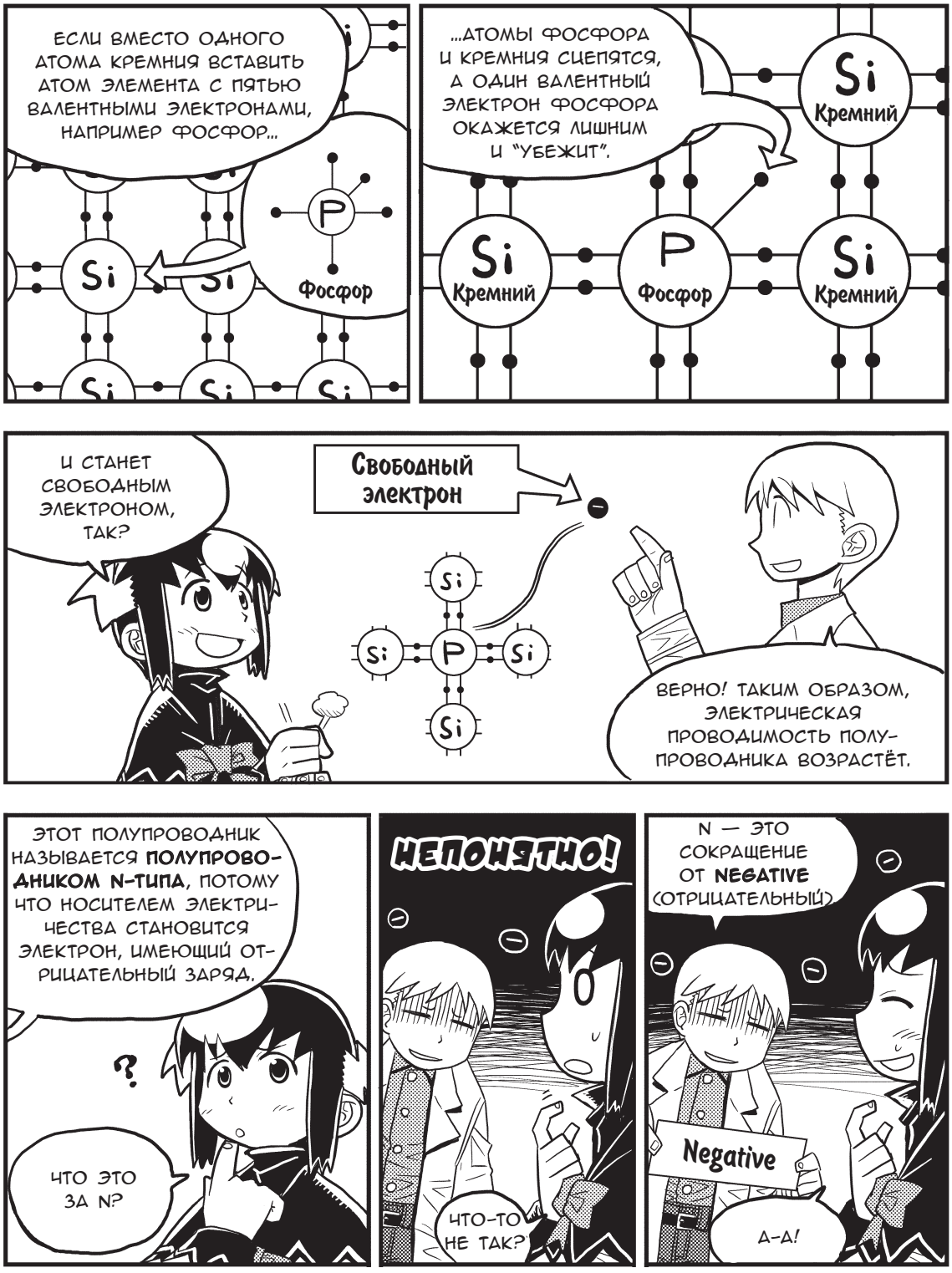

Сырьём для большинства полупроводниковых приборов служит кремний.
Кремний — это химический элемент, его символьное обозначение — Si.
Si
Кремний
Я это уже запомнила!

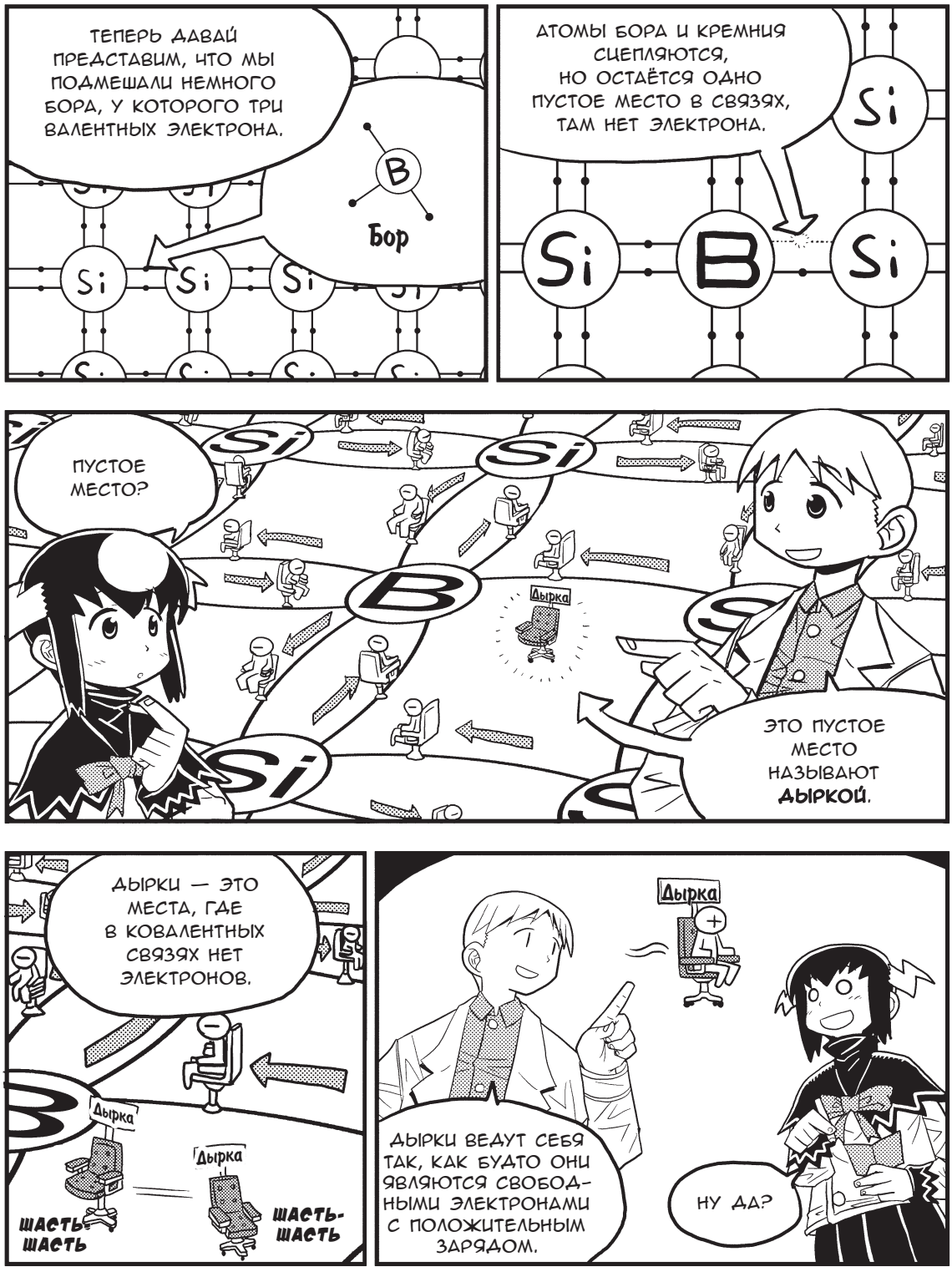
Как правило, кремний получают из вещества, называемого **диоксид кремния**, и именно его обычно используют в качестве сырья для полупроводниковых приборов.
Переработка
Диоксид кремния
Сырье для полупроводника
Чистота этого переработанного кремния составляет 99,999999999 процентов. Её ещё иногда называют просто одиннадцать девяток.
9 × 11
99.999999999%
Раз, два, три...
Это же почти 100 процентов!!!



Складно построенный

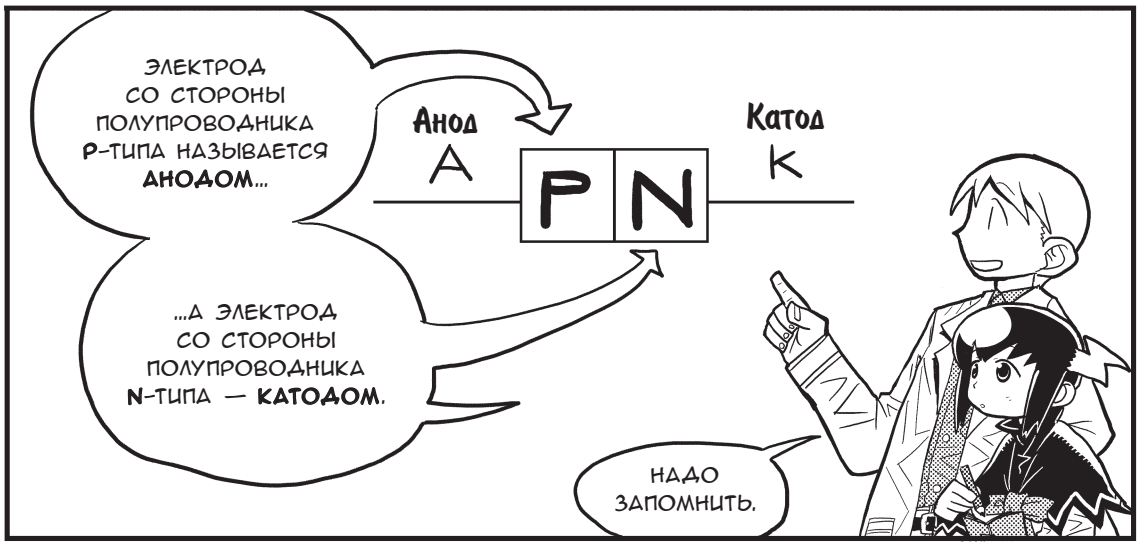


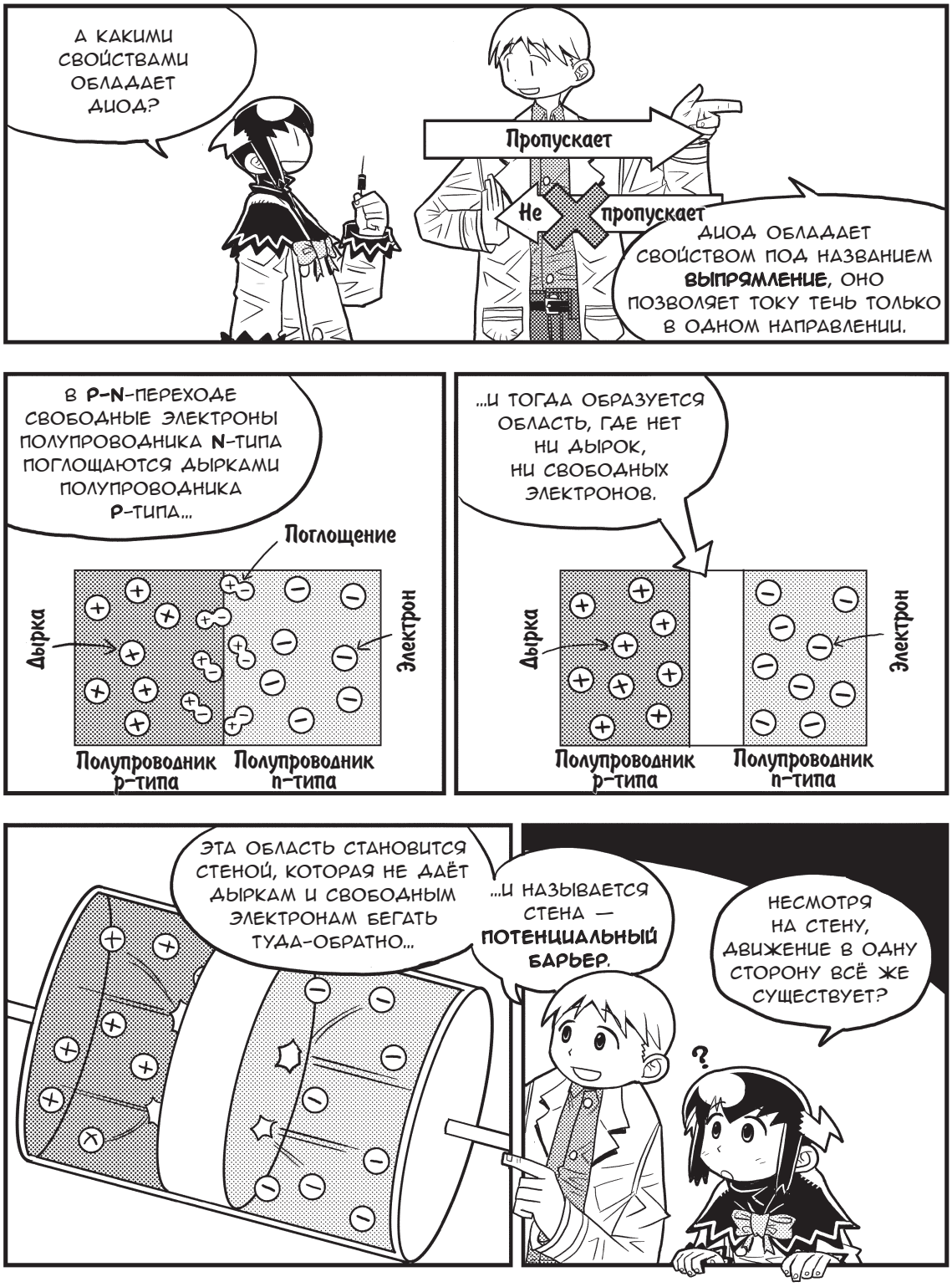

ЕСЛИ ВМЕСТО ОДНОГО АТОМА КРЕМНИЯ ВСТАВИТЬ АТОМ ЭЛЕМЕНТА С ПЯТЬЮ ВАЛЕНТНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ, НАПРИМЕР ФОСФОР...
Si
P
Фосфор
...АТОМЫ ФОСФОРА И КРЕМНИЯ СЦЕПЯТСЯ, А ОДИН ВАЛЕНТНЫЙ ЭЛЕКТРОН ФОСФОРА ОКАЖЕТСЯ ЛИШНИМ И "УБЕЖИТ".
Si Кремний
P Фосфор
Si Кремний
Si Кремний
И СТАНЕТ СВОБОДНЫМ ЭЛЕКТРОНОМ, ТАК?
Свободный электрон
ВЕРНО! ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКА ВОЗРАСТЁТ.
ЭТОТ ПОЛУПРОВОДНИК НАЗЫВАЕТСЯ **ПОЛУПРОВОДНИКОМ N-ТИПА**, ПОТОМУ ЧТО НОСИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА СТАНОВИТСЯ ЭЛЕКТРОН, ИМЕЮЩИЙ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД.
?
ЧТО ЭТО ЗА N?
НЕПОНЯТНО!
ЧТО-ТО НЕ ТАК?
N — ЭТО СОКРАЩЕНИЕ ОТ **NEGATIVE** (ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ).
Negative
А-А!

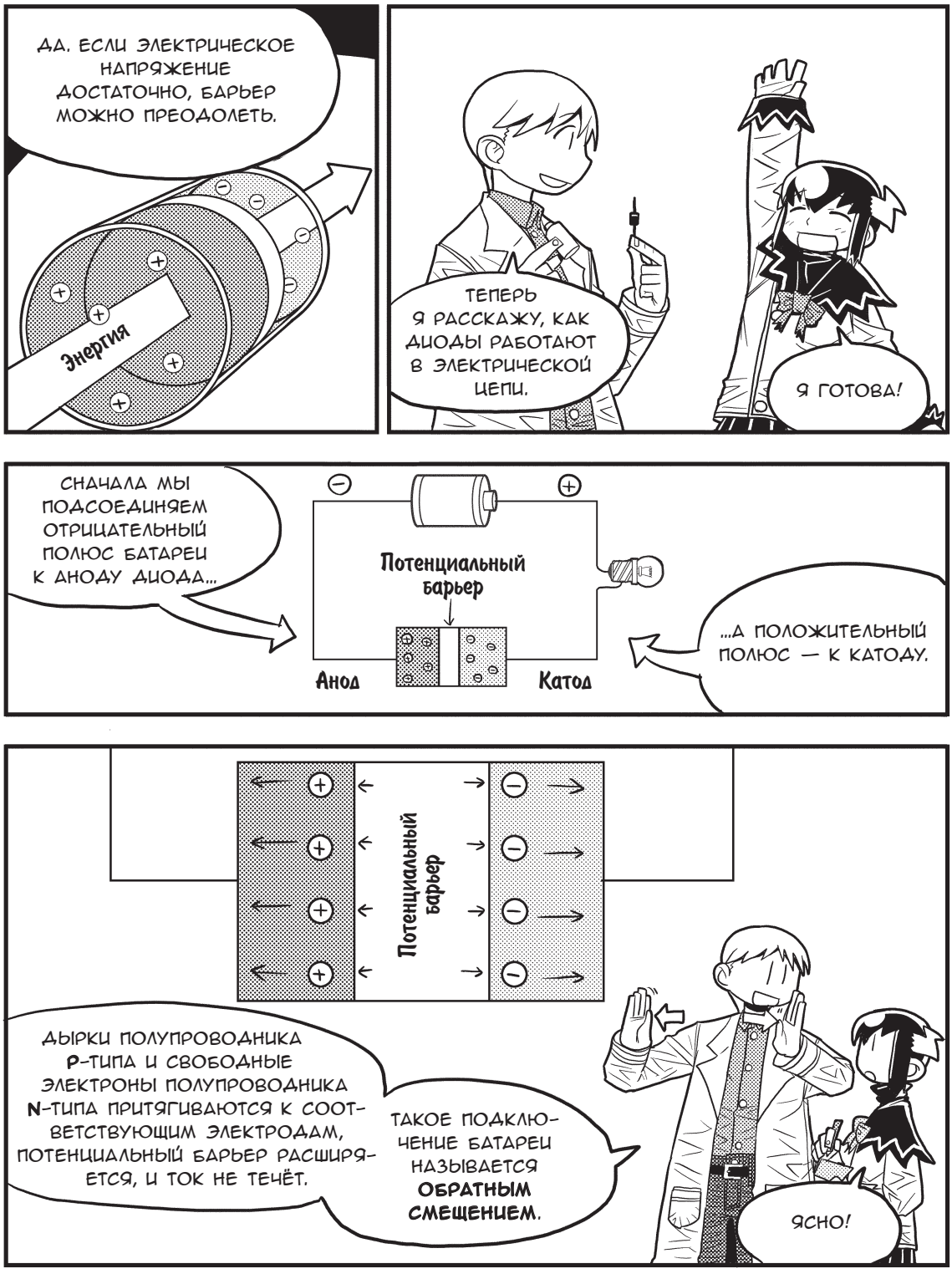

ТЕПЕРЬ ДАВАЙ ПРЕДСТАВИМ, ЧТО МЫ ПОДМЕШАЛИ НЕМНОГО БОРА, У КОТОРОГО ТРИ ВАЛЕНТНЫХ ЭЛЕКТРОНА.
B
Бор
Si
АТОМЫ БОРА И КРЕМНИЯ СЦЕПЛЯЮТСЯ, НО ОСТАЁТСЯ ОДНО ПУСТОЕ МЕСТО В СВЯЗЯХ, ТАМ НЕТ ЭЛЕКТРОНА.
ПУСТОЕ МЕСТО?
Дырка
ЭТО ПУСТОЕ МЕСТО НАЗЫВАЮТ ДЫРКОЙ.
ДЫРКИ — ЭТО МЕСТА, ГДЕ В КОВАЛЕНТНЫХ СВЯЗЯХ НЕТ ЭЛЕКТРОНОВ.
ШАСТЬ-ШАСТЬ
ДЫРКИ ВЕДУТ СЕБЯ ТАК, КАК БУДТО ОНИ ЯВЛЯЮТСЯ СВОБОДНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ЗАРЯДОМ.
НУ ДА?

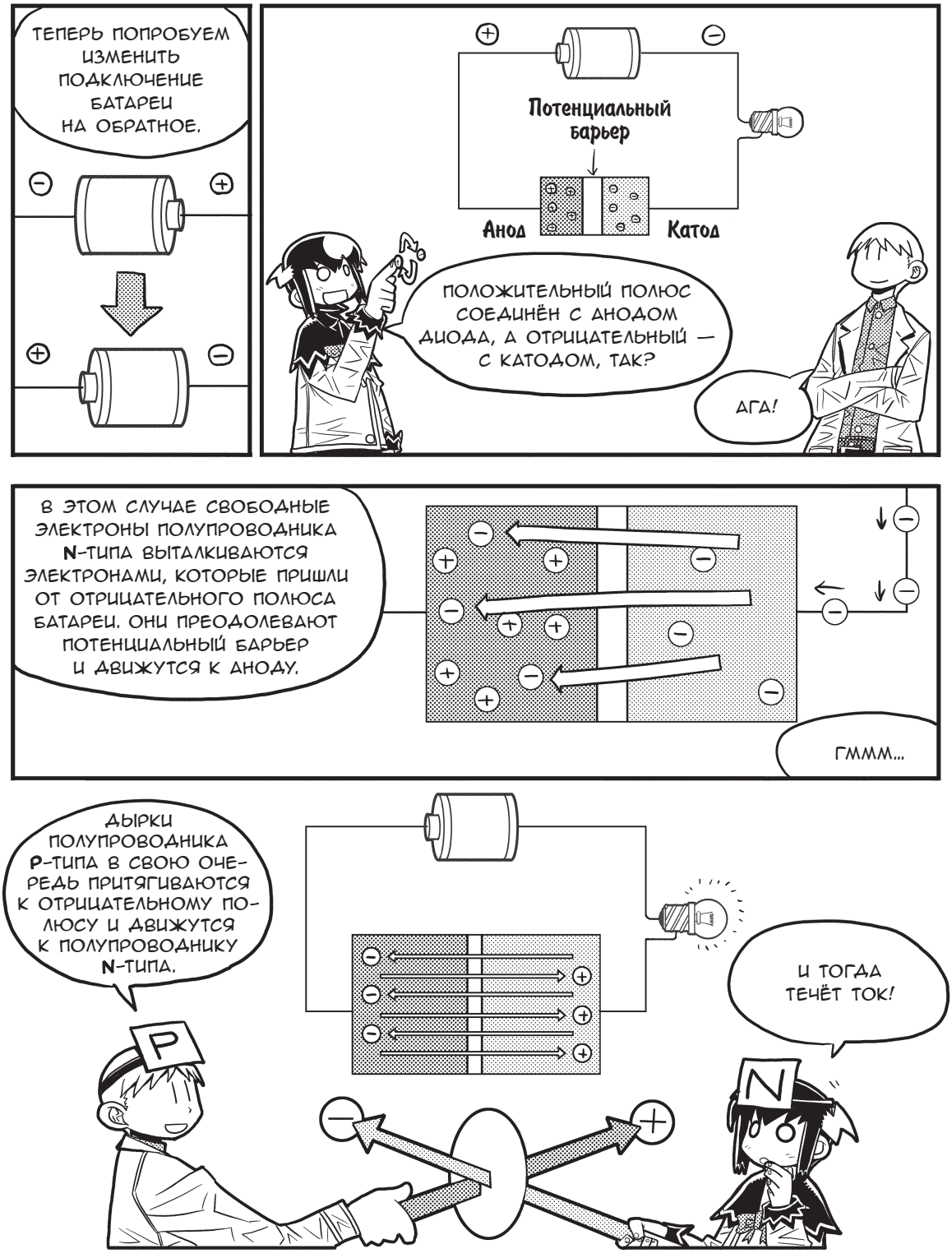
СЛЕДОВАТЕЛЬНО, У ТАКОГО ПОЛУПРОВОДНИКА ТАКЖЕ ВОЗРАСТАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ.
Электричество
ТАКОЙ ТИП ПОЛУПРОВОДНИКА НАЗЫВАЕТСЯ **ПОЛУПРОВОДНИК P-ТИПА**, ПОТОМУ ЧТО НОСИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА СТАНОВИТСЯ ДЫРКА, ИМЕЮЩАЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД.
P — ЭТО ВМЕСТО КАКОГО СЛОВА?
?
А ЧТО СТАВЯТ В ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЬ ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ?
В ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЬ...
?
P — ЭТО ВМЕСТО СЛОВА **POSITIVE** (ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ), ТАК?
УРА!
МОЛОДЕЦ!
ВЕЩЕСТВО, ПОЛУЧЕННОЕ ДОБАВЛЕНИЕМ К ЧИСТОМУ КРЕМНИЮ ПРИМЕСИ, ТАКОЙ, КАК ФОСФОР ИЛИ БОР, НАЗЫВАЮТ **ПРИМЕСНЫМ ПОЛУПРОВОДНИКОМ**.
Si P
n-тип
Si B
p-тип
Примесные полупроводники
КАЖЕТСЯ, Я ПОНЯЛА!

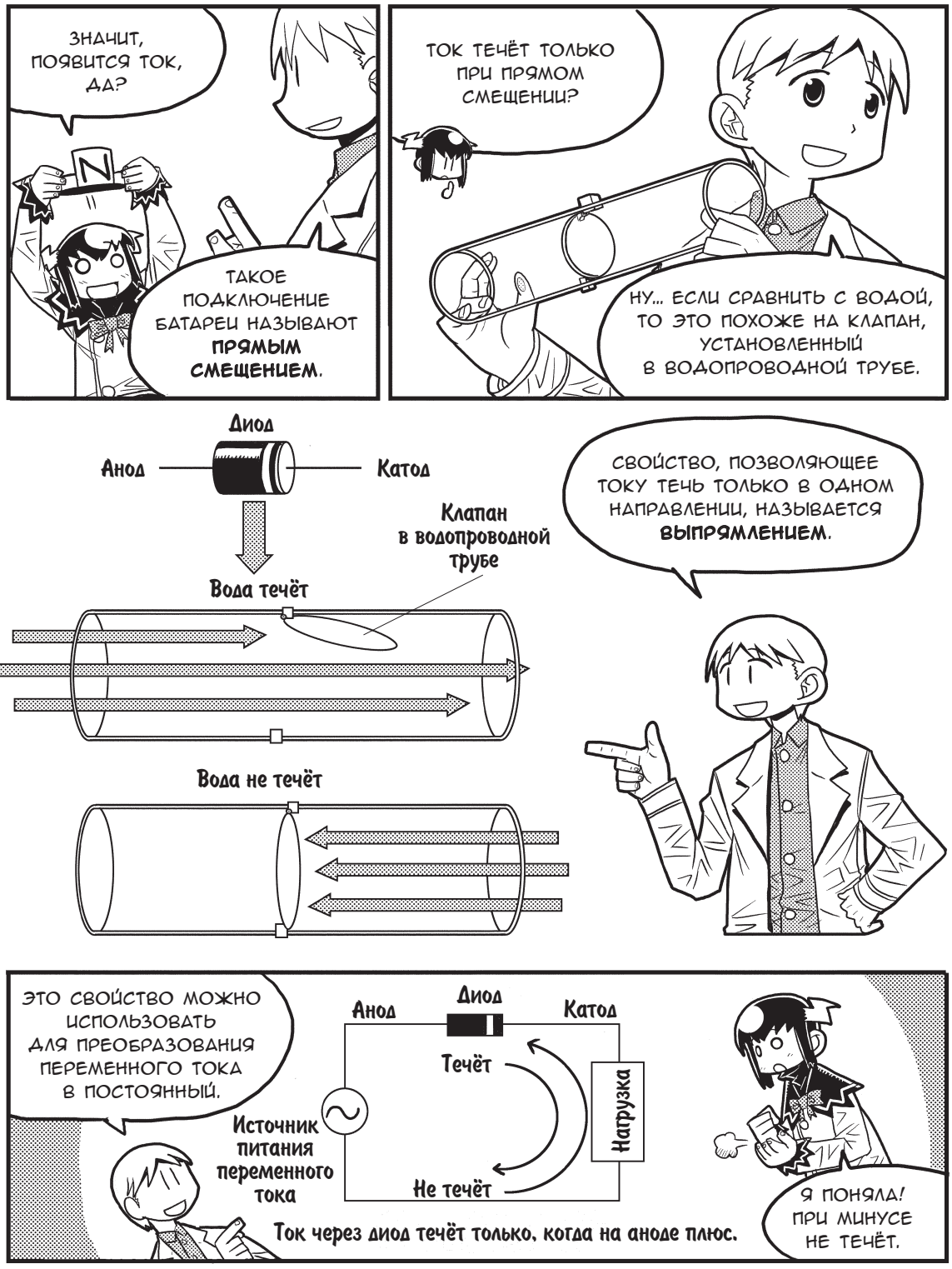
5.3. ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

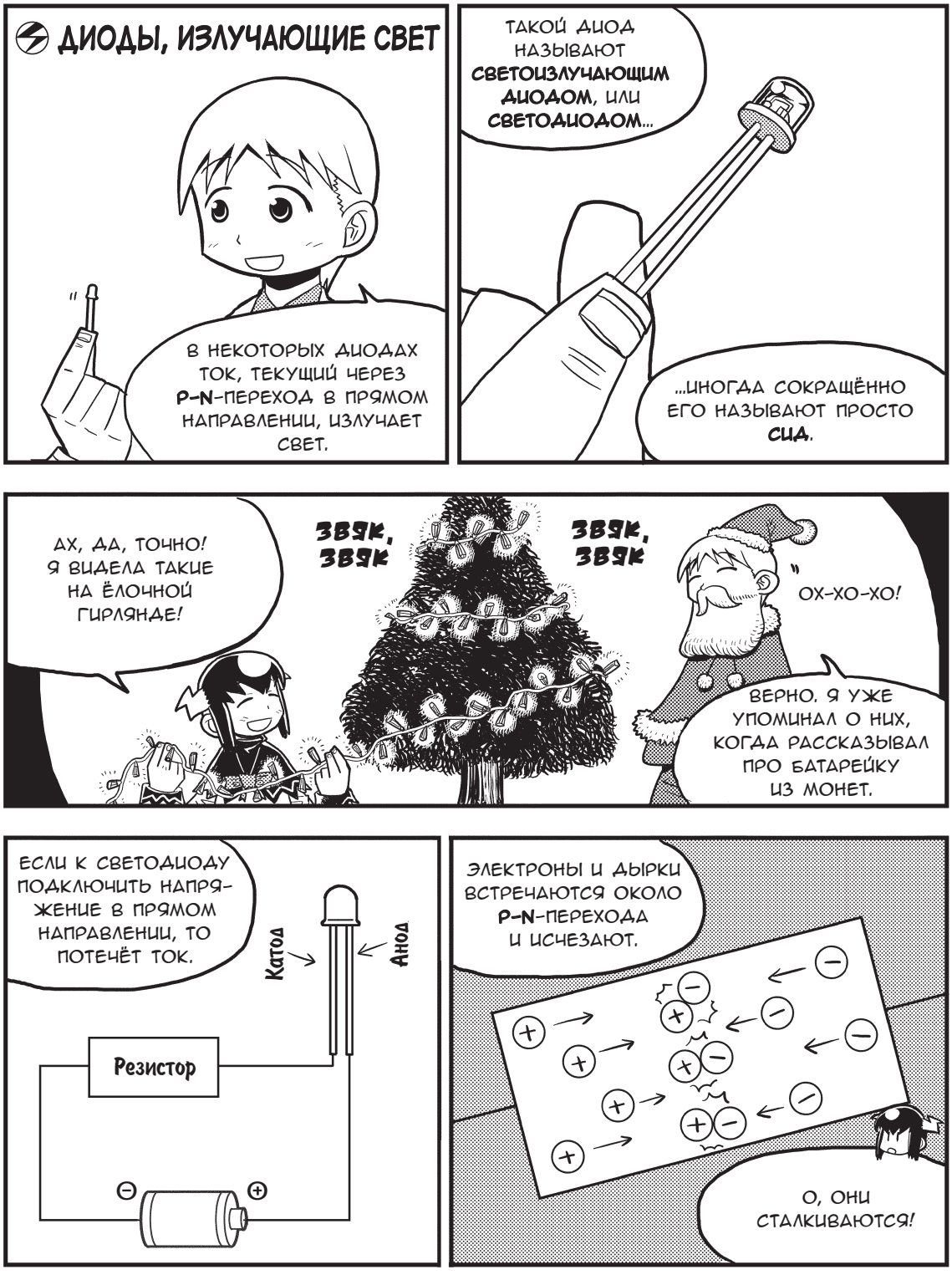



А КАКИМИ СВОЙСТВАМИ ОБЛАДАЕТ ДИОД?
Пропускает
Не пропускает
ДИОД ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВОМ ПОД НАЗВАНИЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЕ, ОНО ПОЗВОЛЯЕТ ТОКУ ТЕЧЬ ТОЛЬКО В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ.
В P-N-ПЕРЕХОДЕ СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ ПОЛУПРОВОДНИКА N-ТИПА ПОГЛОЩАЮТСЯ ДЫРКАМИ ПОЛУПРОВОДНИКА P-ТИПА...
Поглощение
Дырка
Электрон
Полупроводник p-типа
Полупроводник n-типа
...И ТОГДА ОБРАЗУЕТСЯ ОБЛАСТЬ, ГДЕ НЕТ НИ ДЫРОК, НИ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ.
Дырка
Электрон
Полупроводник p-типа
Полупроводник n-типа
ЭТА ОБЛАСТЬ СТАНОВИТСЯ СТЕНОЙ, КОТОРАЯ НЕ ДАЁТ ДЫРКАМ И СВОБОДНЫМ ЭЛЕКТРОНАМ БЕГАТЬ ТУДА-ОБРАТНО...
...И НАЗЫВАЕТСЯ СТЕНА — ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР.
НЕСМОТРЯ НА СТЕНУ, ДВИЖЕНИЕ В ОДНУ СТОРОНУ ВСЁ ЖЕ СУЩЕСТВУЕТ?
?


ДА. ЕСЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ДОСТАТОЧНО, БАРЬЕР МОЖНО ПРЕОДОЛЕТЬ.
Энергия
ТЕПЕРЬ Я РАССКАЖУ, КАК ДИОДЫ РАБОТАЮТ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ.
Я ГОТОВА!
СНАЧАЛА МЫ ПОДСОЕДИНЯЕМ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПОЛЮС БАТАРЕИ К АНОДУ ДИОДА...
Потенциальный барьер
Анод
Катод
...А ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ПОЛЮС — К КАТОДУ.
Потенциальный барьер
ДЫРКИ ПОЛУПРОВОДНИКА P-ТИПА И СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ ПОЛУПРОВОДНИКА N-ТИПА ПРИТЯГИВАЮТСЯ К СООТВЕТСТВУЮЩИМ ЭЛЕКТРОДАМ, ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР РАСШИРЯЕТСЯ, И ТОК НЕ ТЕЧЁТ.
ТАКОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ БАТАРЕИ НАЗЫВАЕТСЯ ОБРАТНЫМ СМЕЩЕНИЕМ.
ЯСНО!

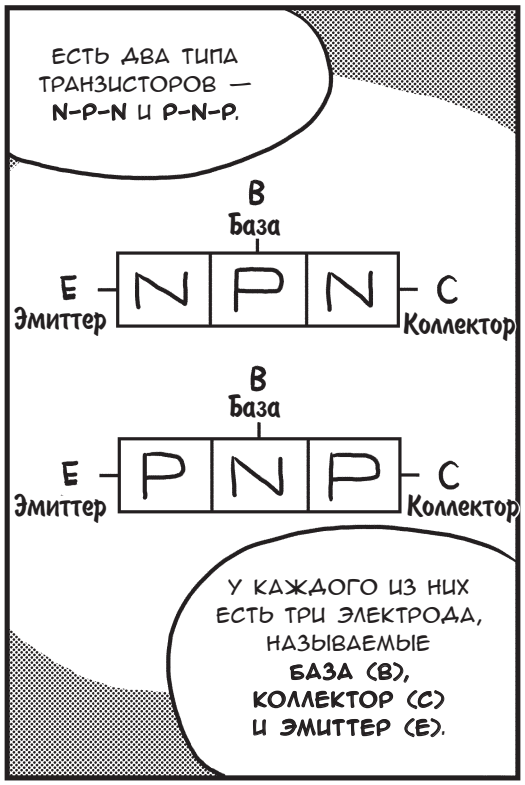

ТЕПЕРЬ ПОПРОБУЕМ ИЗМЕНИТЬ ПОДКЛЮЧЕНИЕ БАТАРЕИ НА ОБРАТНОЕ.
Потенциальный барьер
Анод
Катод
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ПОЛЮС СОЕДИНЁН С АНОДОМ ДИОДА, А ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ — С КАТОДОМ, ТАК?
АГА!
В ЭТОМ СЛУЧАЕ СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ ПОЛУПРОВОДНИКА N-ТИПА ВЫТАЛКИВАЮТСЯ ЭЛЕКТРОНАМИ, КОТОРЫЕ ПРИШЛИ ОТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА БАТАРЕИ. ОНИ ПРЕОДОЛЕВАЮТ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР И ДВИЖУТСЯ К АНОДУ.
ГММММ...
ДЫРКИ ПОЛУПРОВОДНИКА P-ТИПА В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ ПРИТЯГИВАЮТСЯ К ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ И ДВИЖУТСЯ К ПОЛУПРОВОДНИКУ N-ТИПА.
P
N
И ТОГДА ТЕЧЁТ ТОК!


ЗНАЧИТ, ПОЯВИТСЯ ТОК, ДА?
N
ТАКОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ БАТАРЕИ НАЗЫВАЮТ ПРЯМЫМ СМЕЩЕНИЕМ.
ТОК ТЕЧЁТ ТОЛЬКО ПРИ ПРЯМОМ СМЕЩЕНИИ?
НУ... ЕСЛИ СРАВНИТЬ С ВОДОЙ, ТО ЭТО ПОХОЖЕ НА КЛАПАН, УСТАНОВЛЕННЫЙ В ВОДОПРОВОДНОЙ ТРУБЕ.
Диод
Анод
Катод
Клапан в водопроводной трубе
Вода течёт
Вода не течёт
СВОЙСТВО, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ТОКУ ТЕЧЬ ТОЛЬКО В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ, НАЗЫВАЕТСЯ ВЫПРЯМЛЕНИЕМ.
ЭТО СВОЙСТВО МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В ПОСТОЯННЫЙ.
Анод
Диод
Катод
Течёт
Источник питания переменного тока
Нагрузка
Не течёт
Ток через диод течёт только, когда на аноде плюс.
Я ПОНЯЛА! ПРИ МИНУСЕ НЕ ТЕЧЁТ.

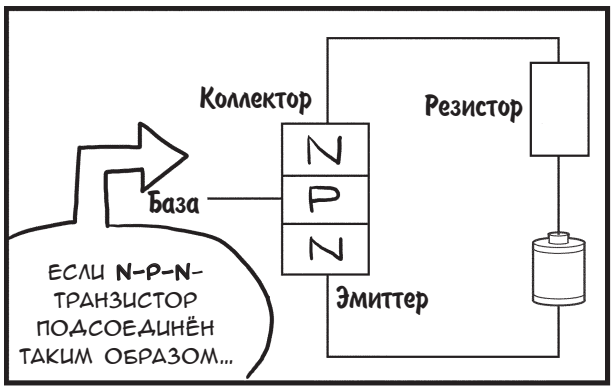

ДИОДЫ, ИЗЛУЧАЮЩИЕ СВЕТ
В НЕКОТОРЫХ ДИОДАХ ТОК, ТЕКУЩИЙ ЧЕРЕЗ P-N-ПЕРЕХОД В ПРЯМОМ НАПРАВЛЕНИИ, ИЗЛУЧАЕТ СВЕТ.
ТАКОЙ ДИОД НАЗЫВАЮТ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИМ ДИОДОМ, ИЛИ СВЕТОДИОДОМ...
...ИНОГДА СОКРАЩЁННО ЕГО НАЗЫВАЮТ ПРОСТО СИД.
АХ, ДА, ТОЧНО! Я ВИДЕЛА ТАКИЕ НА ЁЛОЧНОЙ ГИРЛЯНДЕ!
ЗВЯК, ЗВЯК
ЗВЯК, ЗВЯК
ОХ-ХО-ХО!
ВЕРНО. Я УЖЕ УПОМИНАЛ О НИХ, КОГДА РАССКАЗЫВАЛ ПРО БАТАРЕЙКУ ИЗ МОНЕТ.
ЕСЛИ К СВЕТОДИОДУ ПОДКЛЮЧИТЬ НАПРЯЖЕНИЕ В ПРЯМОМ НАПРАВЛЕНИИ, ТО ПОТЕЧЁТ ТОК.
Катод
Анод
Резистор
ЭЛЕКТРОНЫ И ДЫРКИ ВСТРЕЧАЮТСЯ ОКОЛО P-N-ПЕРЕХОДА И ИСЧЕЗАЮТ.
О, ОНИ СТАЛКИВАЮТСЯ!

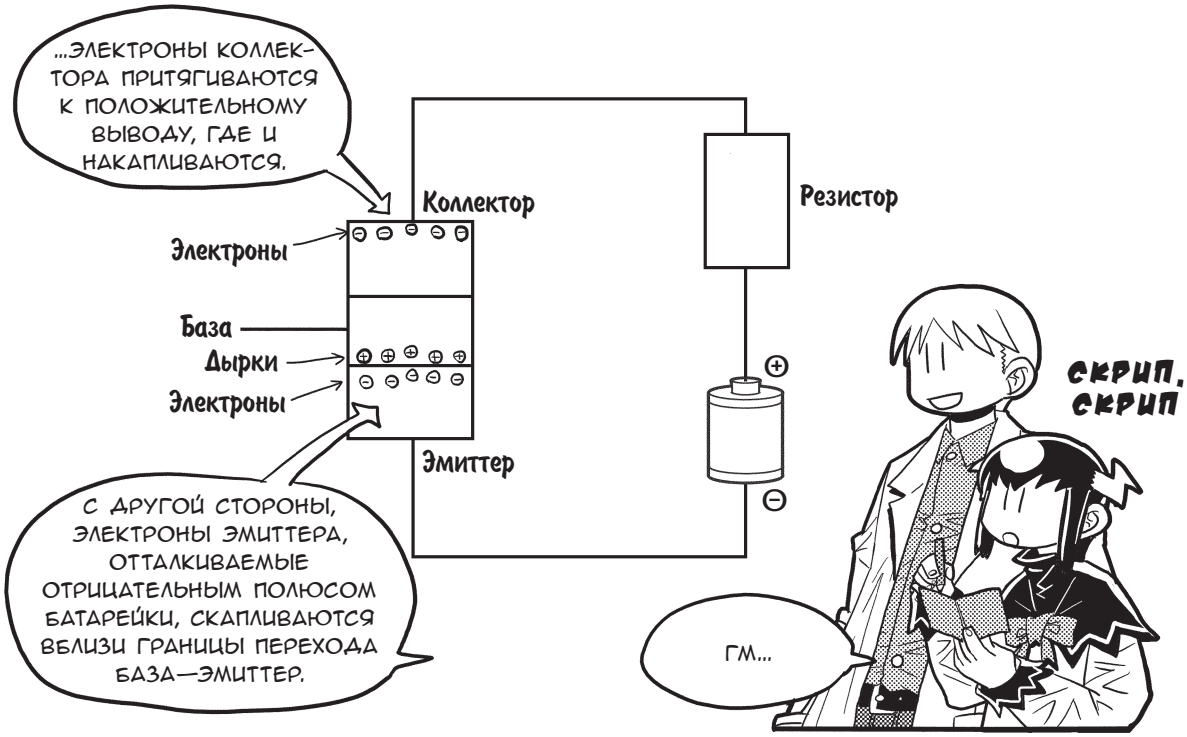
В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫДЕЛЯЕТСЯ ЭНЕРГИЯ, ИЗЛУЧАЕМАЯ В ВИДЕ СВЕТА.
ДЛИНА ВОЛНЫ ИЗЛУЧАЕМОГО СВЕТА ЗАВИСИТ ОТ МАТЕРИАЛА ПОЛУПРОВОДНИКА, ПОЭТОМУ МОЖНО ПОЛУЧАТЬ СВЕТ РАЗНОГО ЦВЕТА.
Красный
Синий
Жёлтый
Зелёный
Белый
О-О-О-О, А-А-А!
Светофор
Большие экраны на улице
Внутреннее освещение салона
Фоновая подсветка мобильных телефонов или цифровых фотоаппаратов
ТАК КАК ИЗЛУЧЕНИЕ СВЕТОДИОДОВ НЕ СВЯЗАНО С ТЕПЛОМ, ДИОДЫ ОЧЕНЬ ЭКОНОМИЧНЫ И ИМЕЮТ БОЛЬШОЙ СРОК СЛУЖБЫ. ЗНАЧИТ, У НИХ БОЛЬШИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ.
МЫ ПОВСЮДУ С НИМИ СТАЛКИВАЕМСЯ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ.

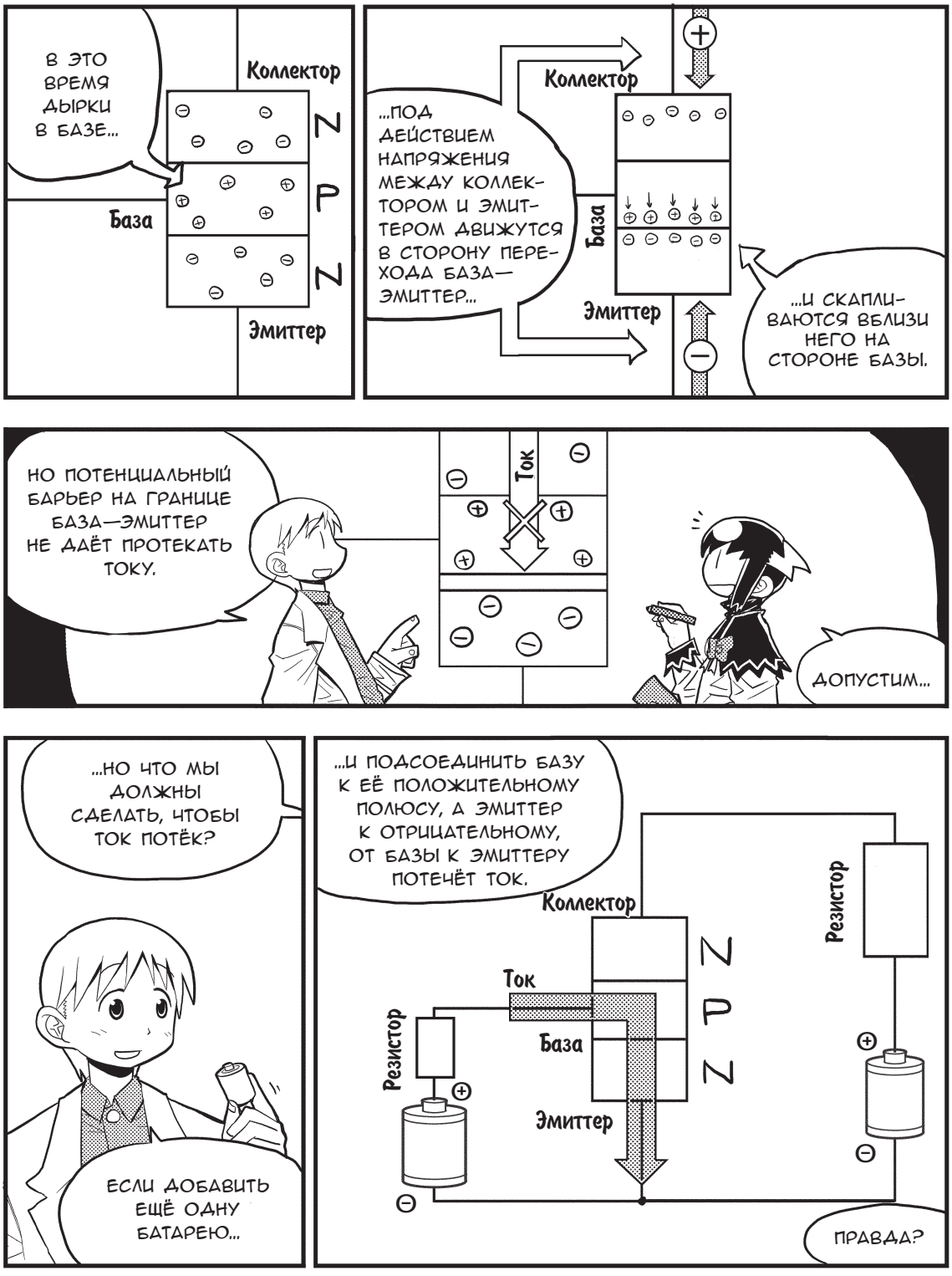
ТРАНЗИСТОРЫ
И НАКОНЕЦ, ДАВАЙ Я РАССКАЖУ ТЕБЕ О ТРАНЗИСТОРАХ!
А ЭТО ЕЩЁ ЧТО ТАКОЕ?
ТРАНЗИСТОРЫ — ЭТО ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ, КОТОРЫЕ УСИЛИВАЮТ СИГНАЛЫ ИЛИ РАБОТАЮТ КАК ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ, УПРАВЛЯЯ ТОКОМ ИЛИ НАПРЯЖЕНИЕМ, ПРИЛОЖЕННЫМ К ЭЛЕКТРОДАМ.
ВЫКЛ.
ВКЛ.
ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ?
РАССКАЖУ ОБ ЭТОМ ПОЗЖЕ, А СНАЧАЛА ОБЪЯСНЮ СТРУКТУРУ ТРАНЗИСТОРОВ.
ХОРОШО.

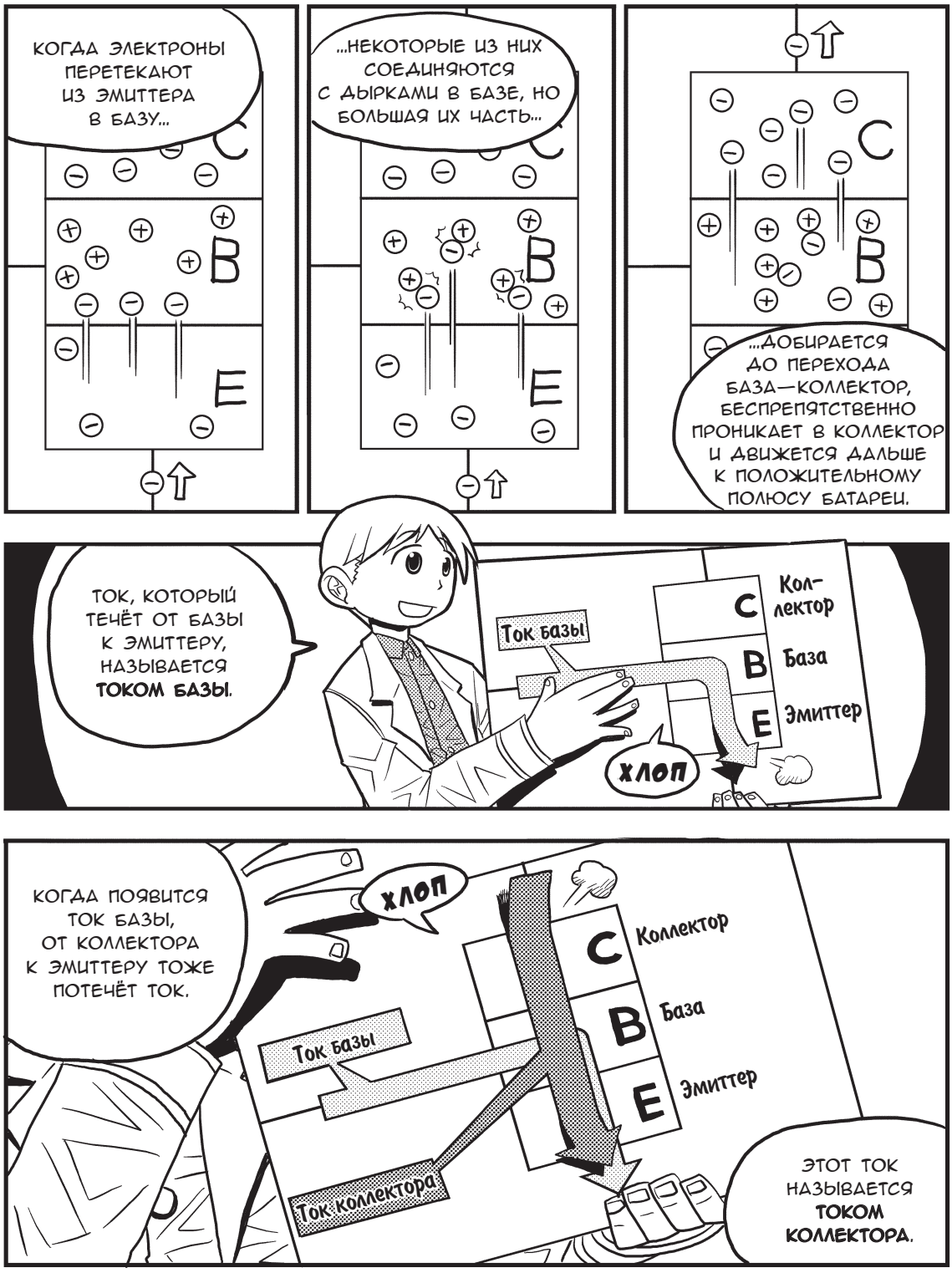

ЕСТЬ ДВА ТИПА ТРАНЗИСТОРОВ — N-P-N И P-N-P.
B
База
E
Эмиттер
N
P
N
C
Коллектор
B
База
E
Эмиттер
P
N
P
C
Коллектор
У КАЖДОГО ИЗ НИХ ЕСТЬ ТРИ ЭЛЕКТРОДА, НАЗЫВАЕМЫЕ БАЗА (B), КОЛЛЕКТОР (C) И ЭМИТТЕР (E).

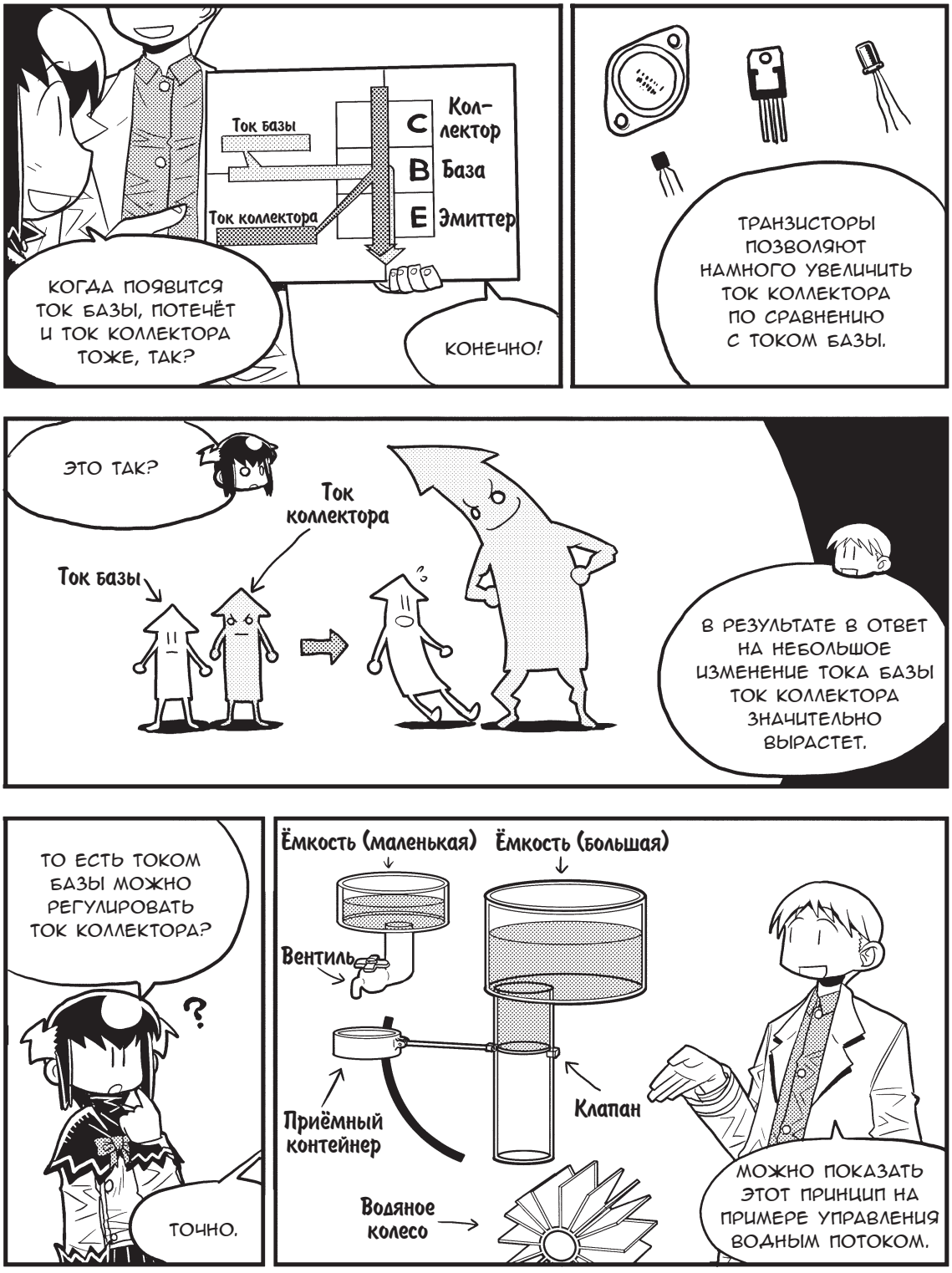
ЗНАЧИТ, ОНИ ИМЕЮТ НА ОДИН ЭЛЕКТРОД БОЛЬШЕ, ЧЕМ ДИОДЫ...
1
2
3

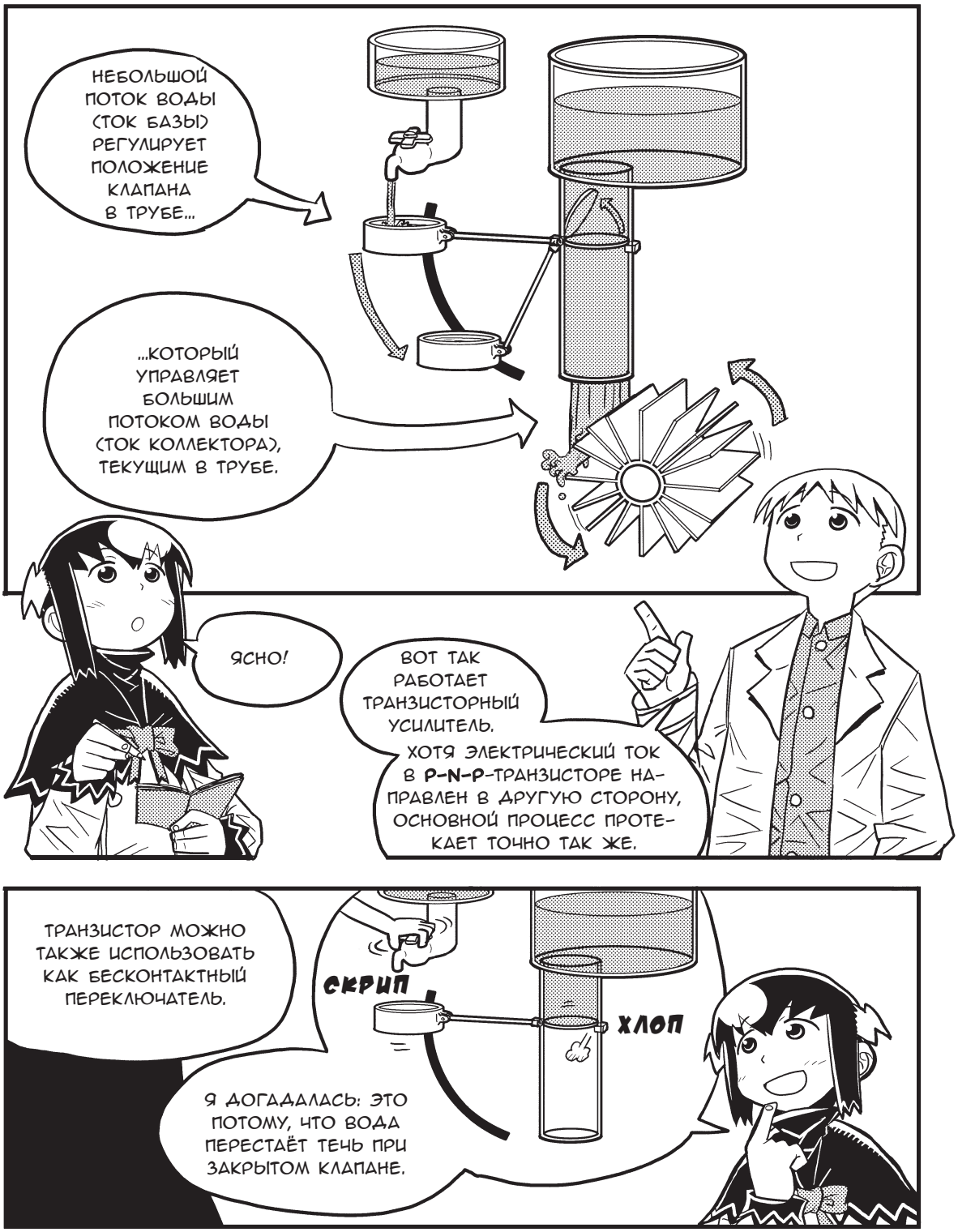

Коллектор
Резистор
N
P
N
База
Эмиттер
ЕСЛИ N-P-N-ТРАНЗИСТОР ПОДСОЕДИНЁН ТАКИМ ОБРАЗОМ...

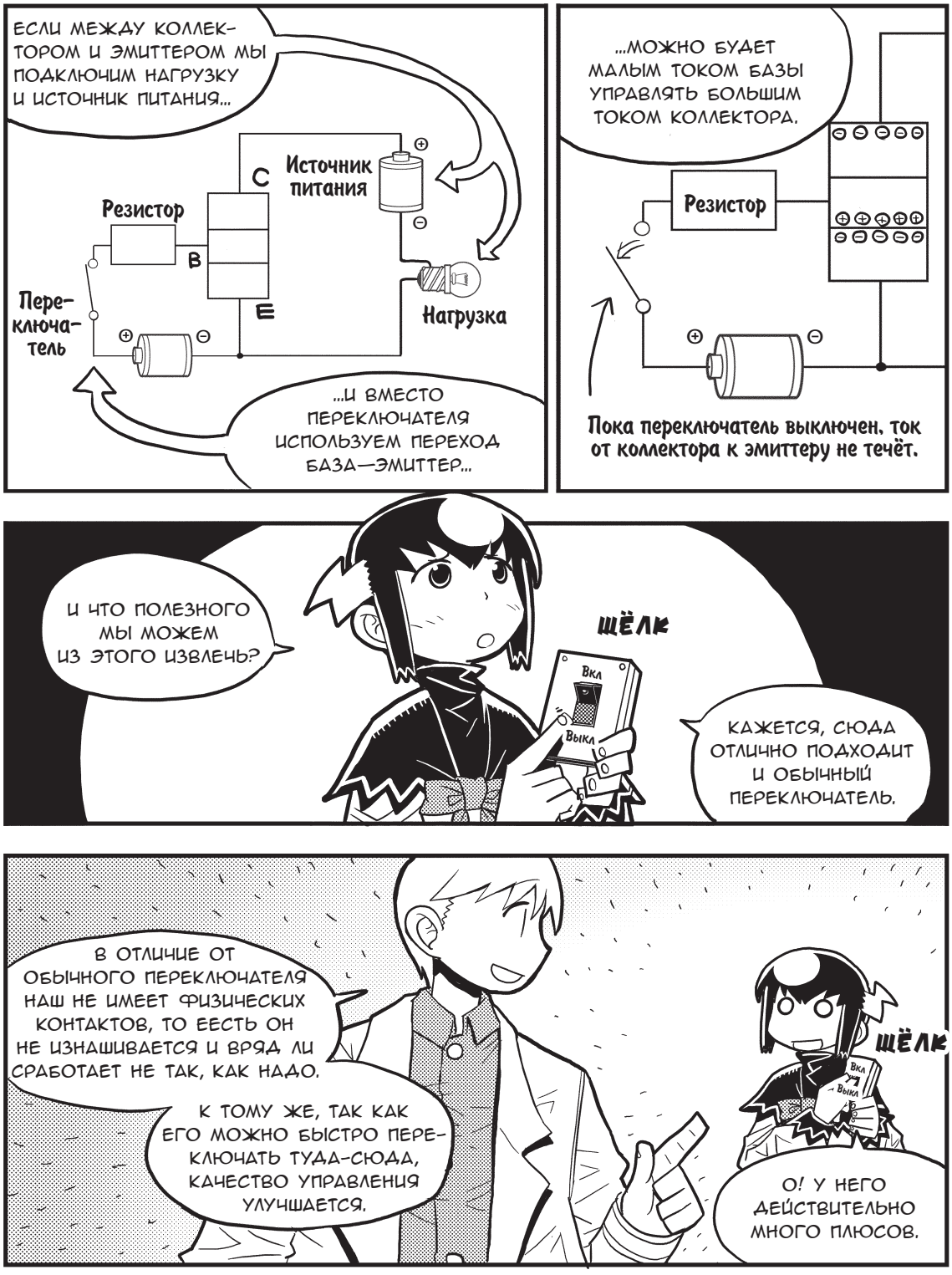

...ЭЛЕКТРОНЫ КОЛЛЕКТОРА ПРИТЯГИВАЮТСЯ К ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ВЫВОДУ, ГДЕ И НАКАПЛИВАЮТСЯ.
Коллектор
Резистор
Электроны
База
Дырки
Электроны
Эмиттер
С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, ЭЛЕКТРОНЫ ЭМИТТЕРА, ОТТАЛКИВАЕМЫЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПОЛЮСОМ БАТАРЕЙКИ, СКАПЛИВАЮТСЯ ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ ПЕРЕХОДА БАЗА—ЭМИТТЕР.
СКРИП, СКРИП
ГМ...

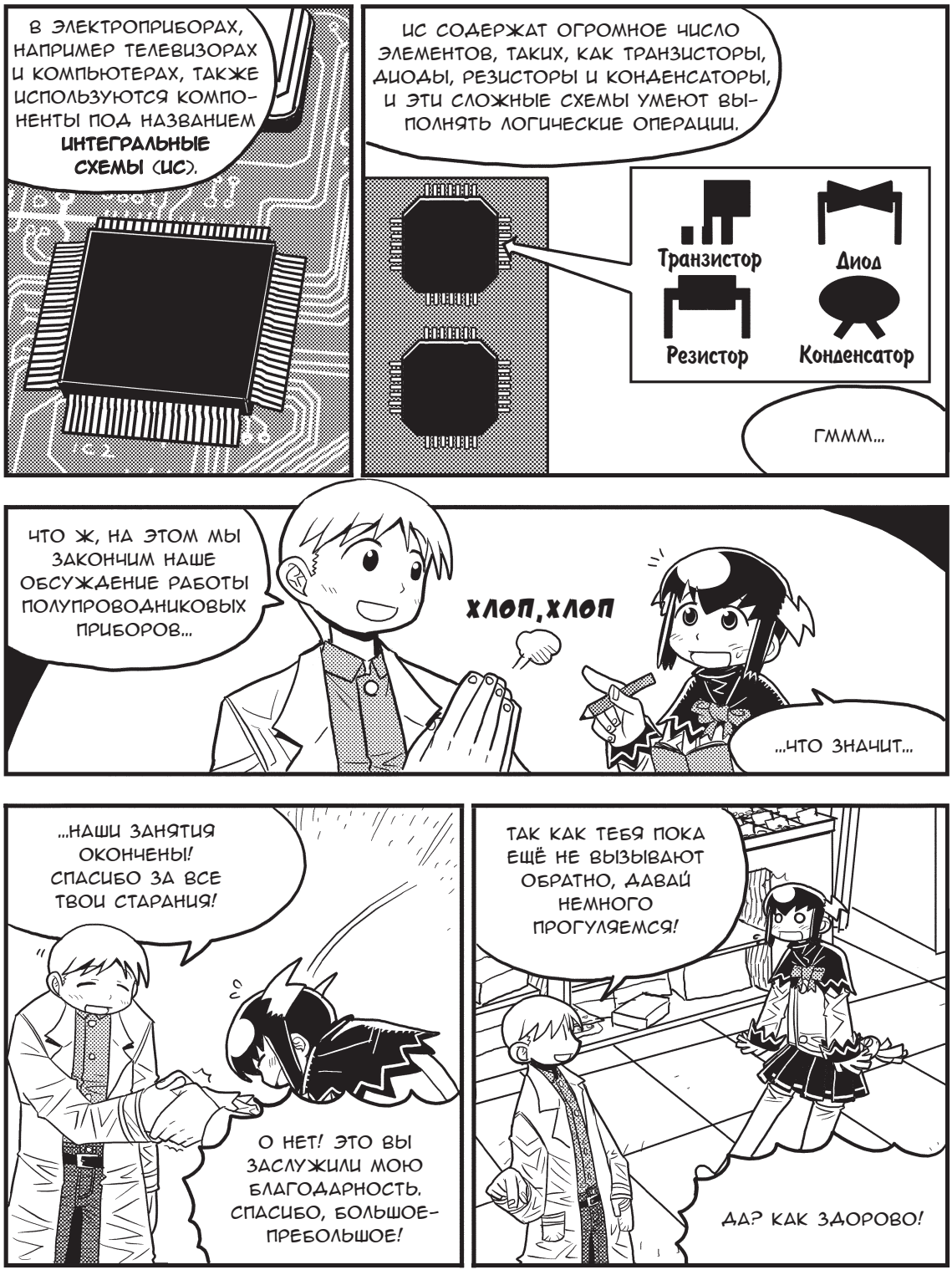

В ЭТО ВРЕМЯ ДЫРКИ В БАЗЕ...
Коллектор
N
P
N
База
Эмиттер
...ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ МЕЖДУ КОЛЛЕКТОРОМ И ЭМИТТЕРОМ ДВИЖУТСЯ В СТОРОНУ ПЕРЕХОДА БАЗА—ЭМИТТЕР...
Коллектор
База
Эмиттер
...И СКАПЛИВАЮТСЯ ВБЛИЗИ НЕГО НА СТОРОНЕ БАЗЫ.
НО ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР НА ГРАНИЦЕ БАЗА—ЭМИТТЕР НЕ ДАЁТ ПРОТЕКАТЬ ТОКУ.
Ток
ДОПУСТИМ...
...НО ЧТО МЫ ДОЛЖНЫ СДЕЛАТЬ, ЧТОБЫ ТОК ПОТЁК?
ЕСЛИ ДОБАВИТЬ ЕЩЁ ОДНУ БАТАРЕЮ...
...И ПОДСОЕДИНИТЬ БАЗУ К ЕЁ ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ, А ЭМИТТЕР К ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ, ОТ БАЗЫ К ЭМИТТЕРУ ПОТЕЧЁТ ТОК.
Коллектор
N
P
N
Ток
База
Эмиттер
Резистор
Резистор
ПРАВДА?

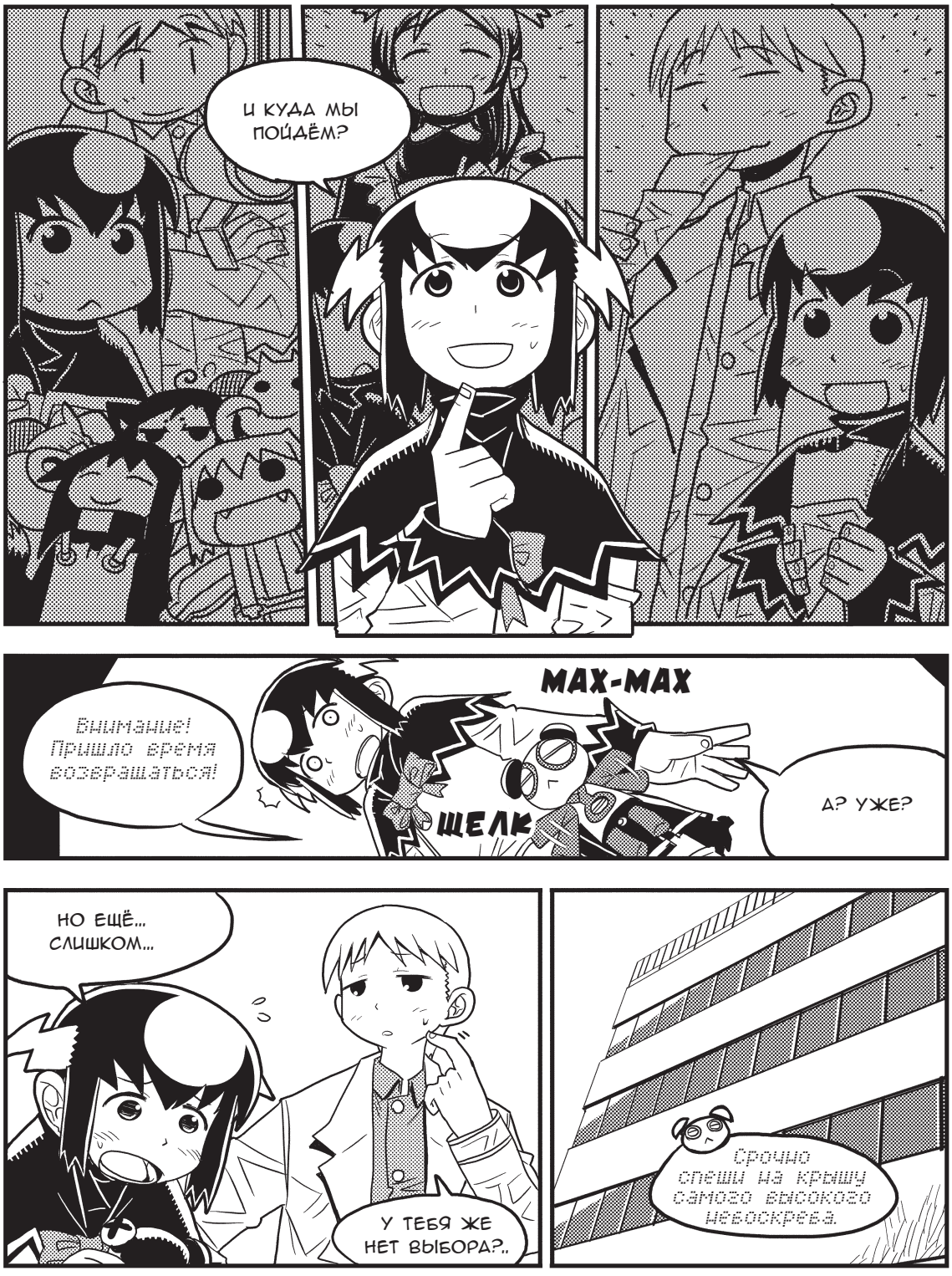

КОГДА ЭЛЕКТРОНЫ ПЕРЕТЕКАЮТ ИЗ ЭМИТТЕРА В БАЗУ...
...НЕКОТОРЫЕ ИЗ НИХ СОЕДИНЯЮТСЯ С ДЫРКАМИ В БАЗЕ, НО БОЛЬШАЯ ИХ ЧАСТЬ...
...ДОБИРАЕТСЯ ДО ПЕРЕХОДА БАЗА—КОЛЛЕКТОР, БЕСПРЕПЯТСТВЕННО ПРОНИКАЕТ В КОЛЛЕКТОР И ДВИЖЕТСЯ ДАЛЬШЕ К ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ БАТАРЕИ.
C
B
E
ТОК, КОТОРЫЙ ТЕЧЁТ ОТ БАЗЫ К ЭМИТТЕРУ, НАЗЫВАЕТСЯ **ТОКОМ БАЗЫ**.
Ток базы
Кол-лектор
База
Эмиттер
ХЛОП
КОГДА ПОЯВИТСЯ ТОК БАЗЫ, ОТ КОЛЛЕКТОРА К ЭМИТТЕРУ ТОЖЕ ПОТЕЧЁТ ТОК.
ХЛОП
Коллектор
База
Эмиттер
Ток базы
Ток коллектора
ЭТОТ ТОК НАЗЫВАЕТСЯ **ТОКОМ КОЛЛЕКТОРА**.


Ток базы
Ток коллектора
C Кол-лектор
B База
E Эмиттер
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 коллектора
Ток базы
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.


НЕБОЛЬШОЙ ПОТОК ВОДЫ (ТОК БАЗЫ) РЕГУЛИРУЕТ ПОЛОЖЕНИЕ КЛАПАНА В ТРУБЕ...
...КОТОРЫЙ УПРАВЛЯЕТ БОЛЬШИМ ПОТОКОМ ВОДЫ (ТОК КОЛЛЕКТОРА), ТЕКУЩИМ В ТРУБЕ.
ЯСНО!
ВОТ ТАК РАБОТАЕТ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ.
ХОТЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В P-N-P-ТРАНЗИСТОРЕ НАПРАВЛЕН В ДРУГУЮ СТОРОНУ, ОСНОВНОЙ ПРОЦЕСС ПРОТЕКАЕТ ТОЧНО ТАК ЖЕ.
ТРАНЗИСТОР МОЖНО ТАКЖЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ КАК БЕСКОНТАКТНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ.
СКРИП
ХЛОП
Я ДОГАДАЛАСЬ: ЭТО ПОТОМУ, ЧТО ВОДА ПЕРЕСТАЁТ ТЕЧЬ ПРИ ЗАКРЫТОМ КЛАПАНЕ.


ЕСЛИ МЕЖДУ КОЛЛЕКТОРОМ И ЭМИТТЕРОМ МЫ ПОДКЛЮЧИМ НАГРУЗКУ И ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ...
Источник питания
C
Резистор
B
E
Переключатель
Нагрузка
...И ВМЕСТО ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ ИСПОЛЬЗУЕМ ПЕРЕХОД БАЗА—ЭМИТТЕР...
...МОЖНО БУДЕТ МАЛЫМ ТОКОМ БАЗЫ УПРАВЛЯТЬ БОЛЬШИМ ТОКОМ КОЛЛЕКТОРА.
Резистор
Пока переключатель выключен, ток от коллектора к эмиттеру не течёт.
И ЧТО ПОЛЕЗНОГО МЫ МОЖЕМ ИЗ ЭТОГО ИЗВЛЕЧЬ?
ЩЁЛК
Вкл
Выкл
КАЖЕТСЯ, СЮДА ОТЛИЧНО ПОДХОДИТ И ОБЫЧНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ.
В ОТЛИЧИЕ ОТ ОБЫЧНОГО ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ НАШ НЕ ИМЕЕТ ФИЗИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ, ТО ЕЕСТЬ ОН НЕ ИЗНАШИВАЕТСЯ И ВРЯД ЛИ СРАБОТАЕТ НЕ ТАК, КАК НАДО.
К ТОМУ ЖЕ, ТАК КАК ЕГО МОЖНО БЫСТРО ПЕРЕКЛЮЧАТЬ ТУДА-СЮДА, КАЧЕСТВО УПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШАЕТСЯ.
ЩЁЛК
Вкл
Выкл
О! У НЕГО ДЕЙСТВИТЕЛЬНО МНОГО ПЛЮСОВ.


В ЭЛЕКТРОПРИБОРАХ, НАПРИМЕР ТЕЛЕВИЗОРАХ И КОМПЬЮТЕРАХ, ТАКЖЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ КОМПОНЕНТЫ ПОД НАЗВАНИЕМ **ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ** (**ИС**).
ИС СОДЕРЖАТ ОГРОМНОЕ ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ, ТАКИХ, КАК ТРАНЗИСТОРЫ, ДИОДЫ, РЕЗИСТОРЫ И КОНДЕНСАТОРЫ, И ЭТИ СЛОЖНЫЕ СХЕМЫ УМЕЮТ ВЫПОЛНЯТЬ ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ.
Транзистор
Диод
Резистор
Конденсатор
ГММММ...
ЧТО Ж, НА ЭТОМ МЫ ЗАКОНЧИМ НАШЕ ОБСУЖДЕНИЕ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ...
ХЛОП,ХЛОП
...ЧТО ЗНАЧИТ...
...НАШИ ЗАНЯТИЯ ОКОНЧЕНЫ! СПАСИБО ЗА ВСЕ ТВОИ СТАРАНИЯ!
О НЕТ! ЭТО ВЫ ЗАСЛУЖИЛИ МОЮ БЛАГОДАРНОСТЬ. СПАСИБО, БОЛЬШОЕ-ПРЕБОЛЬШОЕ!
ТАК КАК ТЕБЯ ПОКА ЕЩЁ НЕ ВЫЗЫВАЮТ ОБРАТНО, ДАВАЙ НЕМНОГО ПРОГУЛЯЕМСЯ!
ДА? КАК ЗДОРОВО!

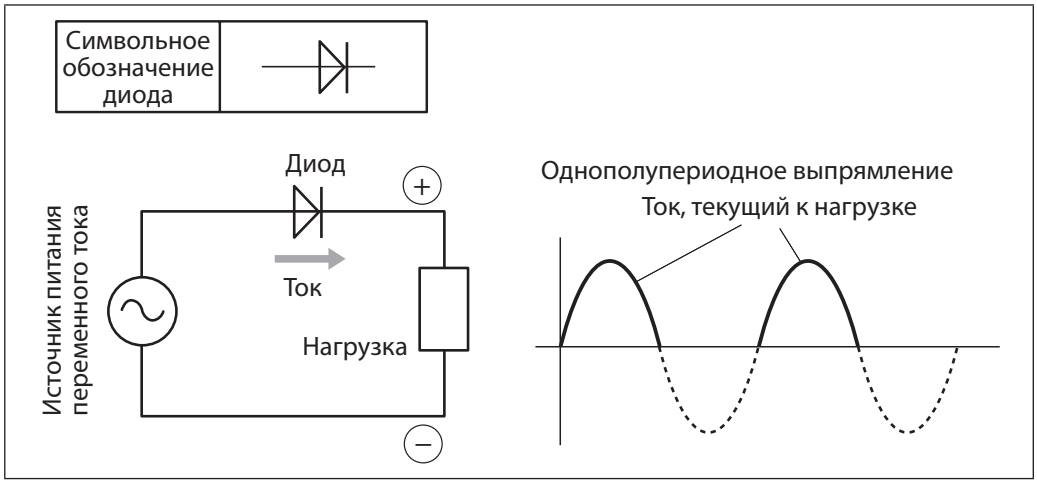

И КУДА МЫ ПОЙДЁМ?
MAX-MAX
Внимание! Пришло время возвращаться!
ЩЕЛК
А? УЖЕ?
НО ЕЩЁ... СЛИШКОМ...
У ТЕБЯ ЖЕ НЕТ ВЫБОРА?..
Срочно спеши на крышу самого высокого небоскрёба.

ДУМАЮ, ПОРА ПРОЩАТЬСЯ. Я РАДА, ЧТО ВСТРЕТИЛА ВАС, ХИКАРУ-САН.
БАХ-БАБАХ!
И ЕЩЁ Я РАДА, ЧТО ОСВОИЛА ОСНОВЫ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.
БАХ-БАБАХ!
МНЕ ТОЖЕ БЫЛО ИНТЕРЕСНО С ТОБОЙ ПООБЩАТЬСЯ, РЕРЭКО!
ПРОДОЛЖАЙ В ТОМ ЖЕ ДУХЕ И В ЭЛЕКТОНИЦ!
УСПЕХОВ ВАМ В ВАШИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ!
...И НЕ ЗАБЫВАЙТЕ УБИРАТЬСЯ В КОМНАТЕ...
...И...
АААА!
ТРЕСК!
КАП-КАП
КАП-КАП
РЕ...
ФШ-Ш-Ш-Ш-Ш-Ш-Ш-Ш-Ш-Ш...
...РЕРЭКО?..

5.Ч. ДАВАЙТЕ РАЗБЕРЁМСЯ!

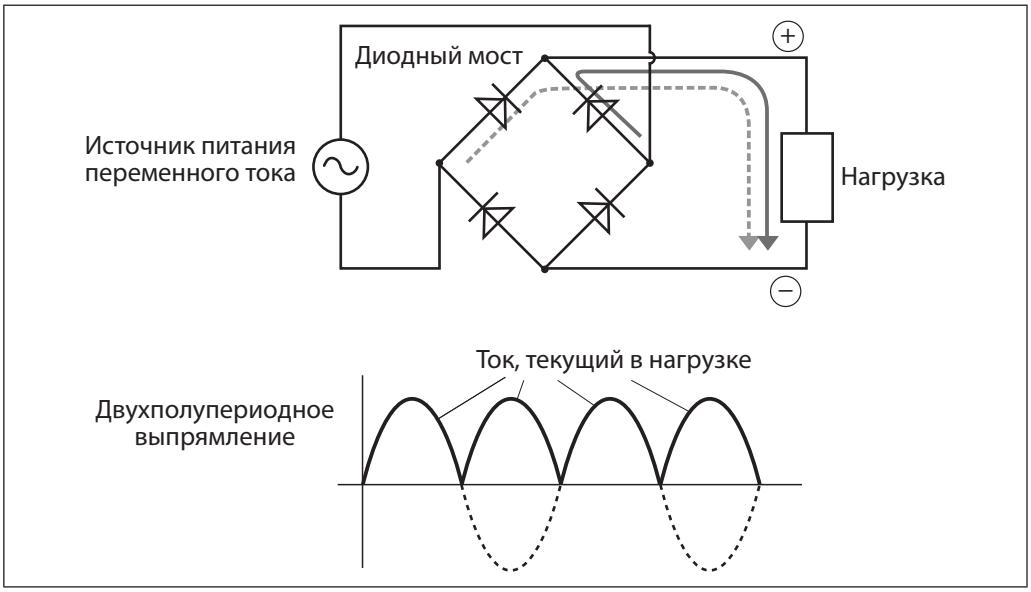
ДИОДЫ

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.



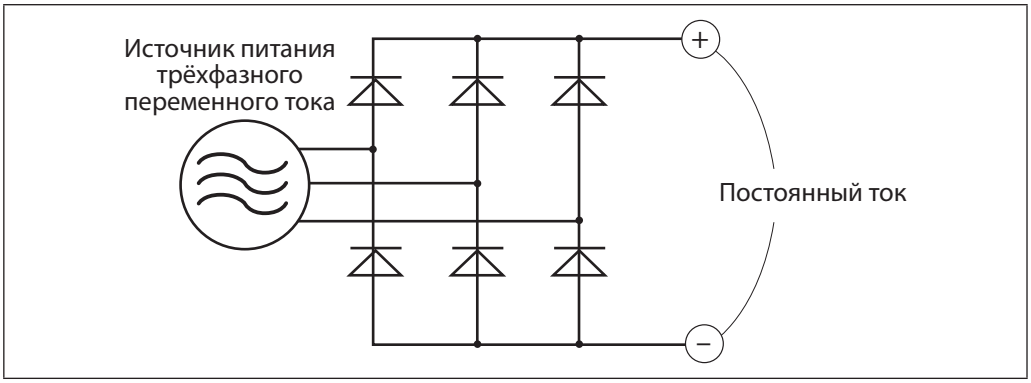
Однополупериодное выпрямление.

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.



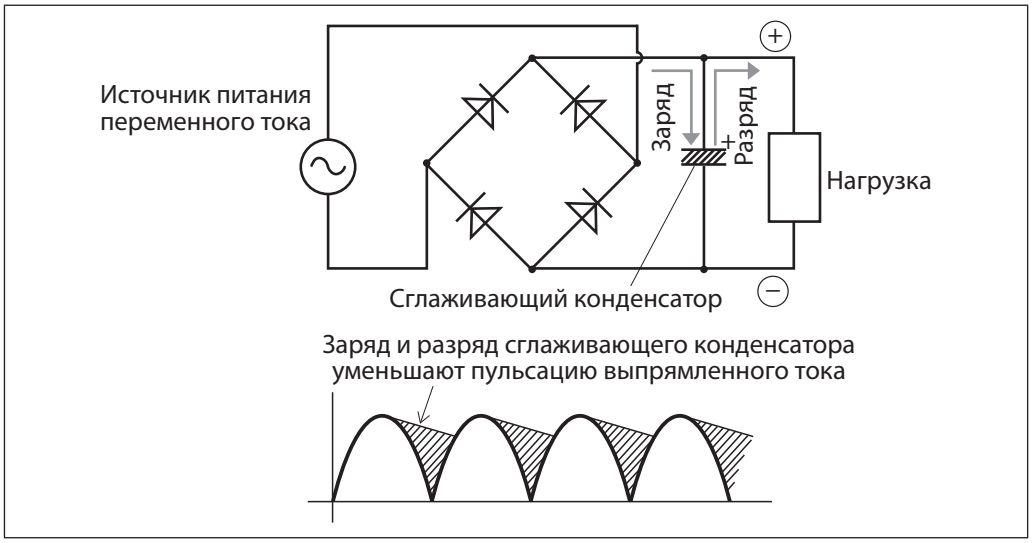
Двухполупериодное выпрямление.

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



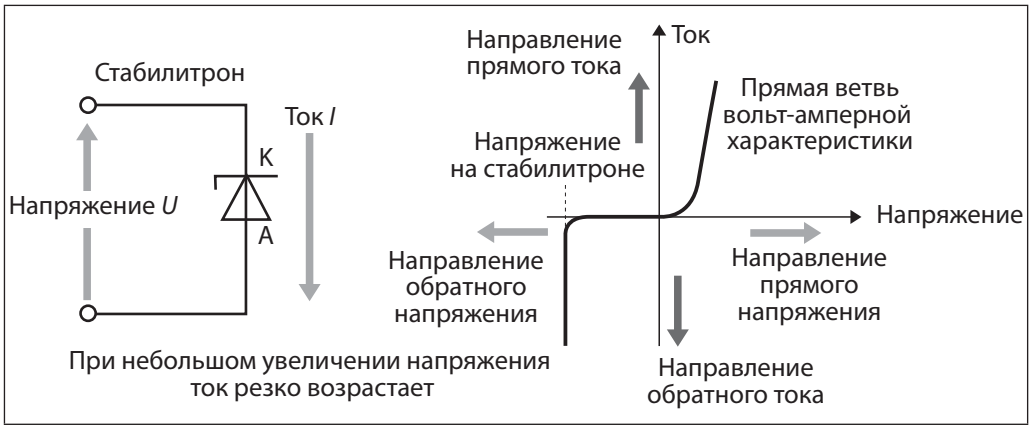
Двухполупериодное выпрямление трёхфазного переменного тока.

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.

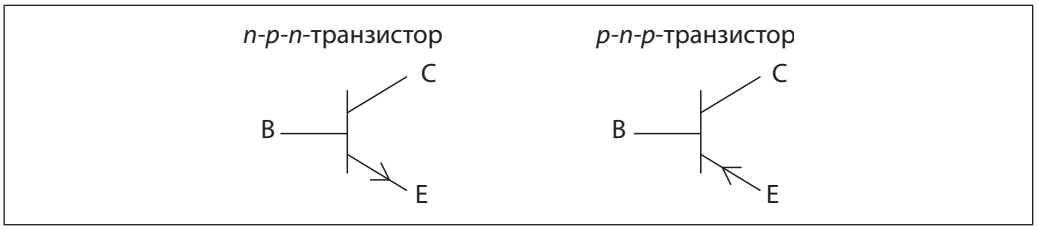


Вольт-амперная характеристика стабилитрона.

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

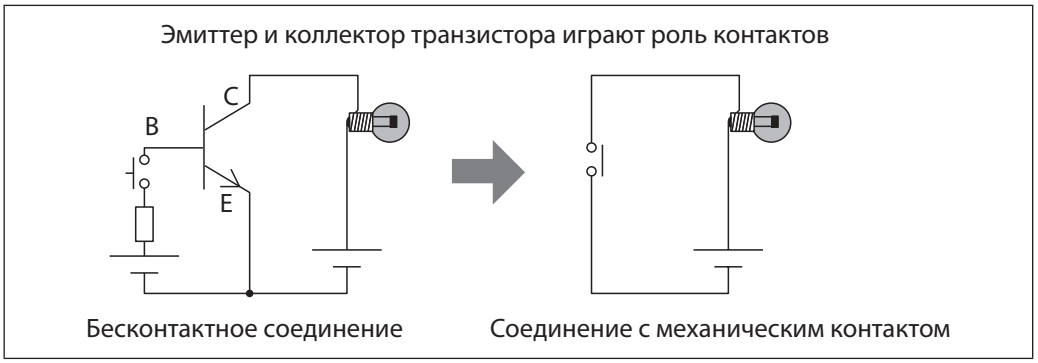
Транзистор — полупроводниковый прибор, который усиливает электрический сигнал или работает как переключатель, управляя током или напряжением.



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 износиться. Тем самым уменьшается вероятность отказа в работе, появляется возможность быстрого включения и выключения, а также возможность точно настроить управление прибором.

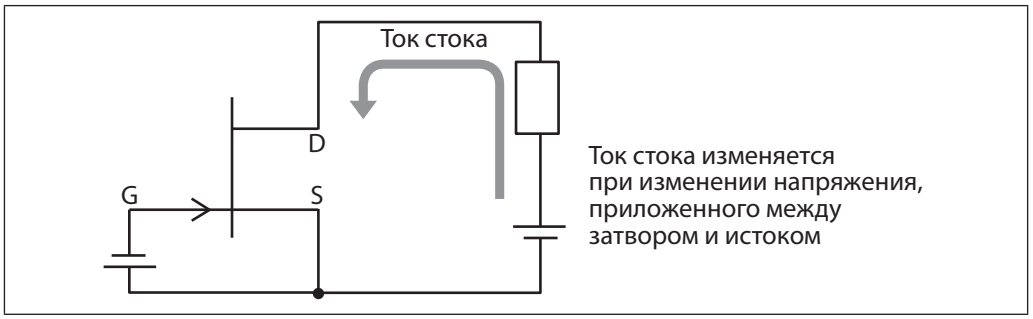


Транзистор, выполняющий работу переключателя.

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.

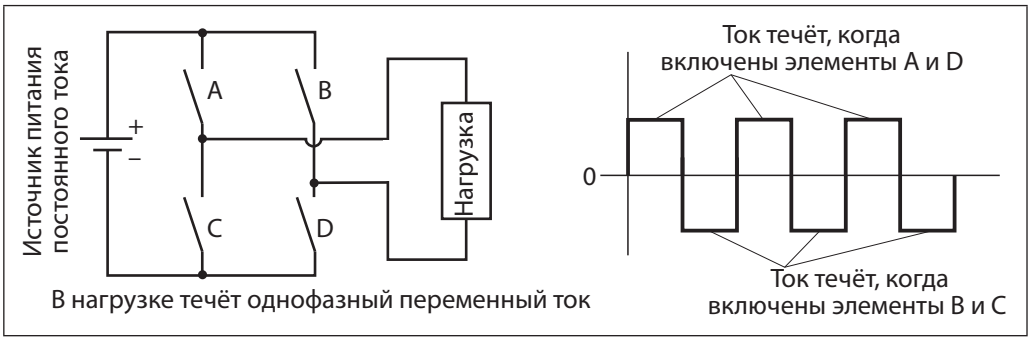
В телевизорах, компьютерах и другой электронике используются компоненты, называемые интегральными схемами (ИС). В одной такой ИС содержится огромное число транзисторов, сопротивлений и других компонентов. В ИС в основном используют полевые транзисторы, называемые МОП-транзисторы (полевые транзисторы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

ИНВЕРТОРЫ И КОНВЕРТЕРЫ

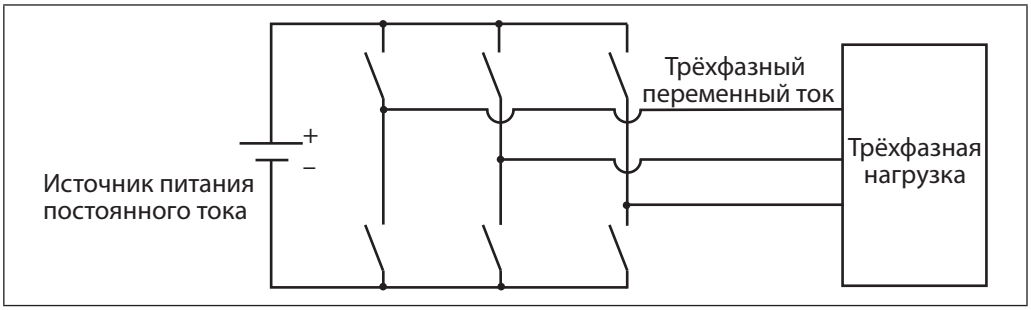
Прибор, использующий диод для преобразования переменного тока в постоянный, называется *конвертер*, а прибор, преобразующий постоянный ток в переменный, называется *инвертор*.

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 A — D и B — C, 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

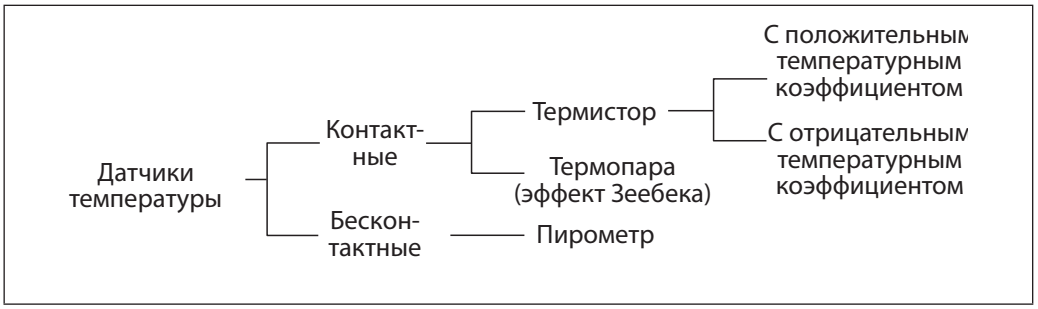
Датчики в электроприборах играют роль зрительных и осязательных рецепторов человека. Человек обладает пятью органами чувств: зрением, слухом и т. д. Если бы электроприборы обладали этими пятью органами, то они могли бы выполнять разнообразную работу вместо человека. Датчики — это приборы, которые выполняют 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

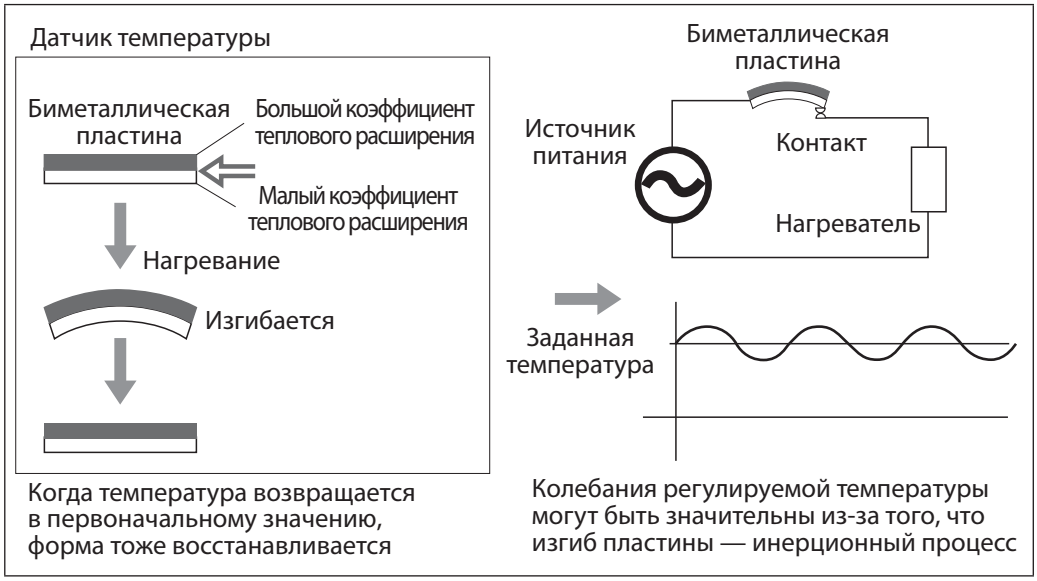
Датчик температуры — это прибор, замыкающий или размыкающий контакт или изменяющий электрическое сопротивление в соответствии с изменением температуры. Датчики температуры подразделяются на контактные датчики, которые измеряют температуру непосредственным прикосновением к веществу, температуру которого 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.



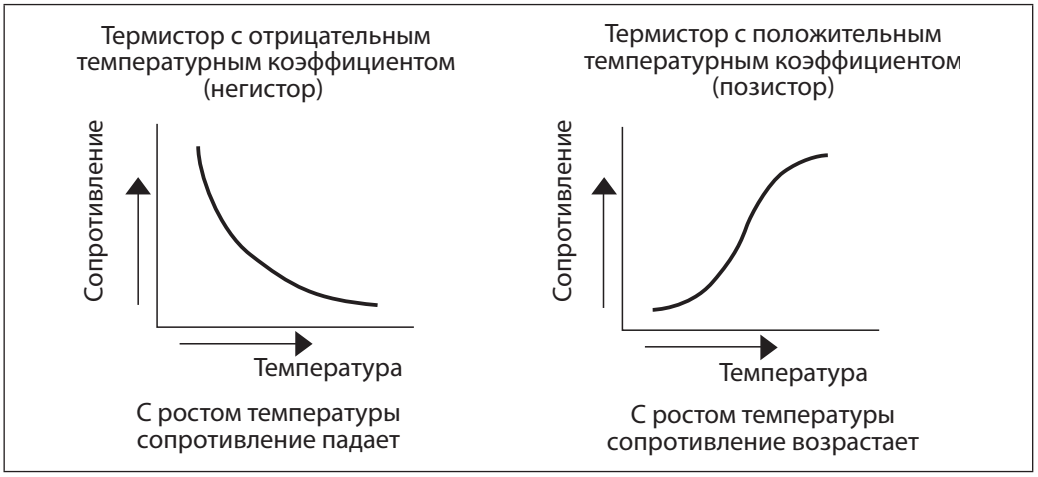
Регулировка температуры биметаллическим термостатом.

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.

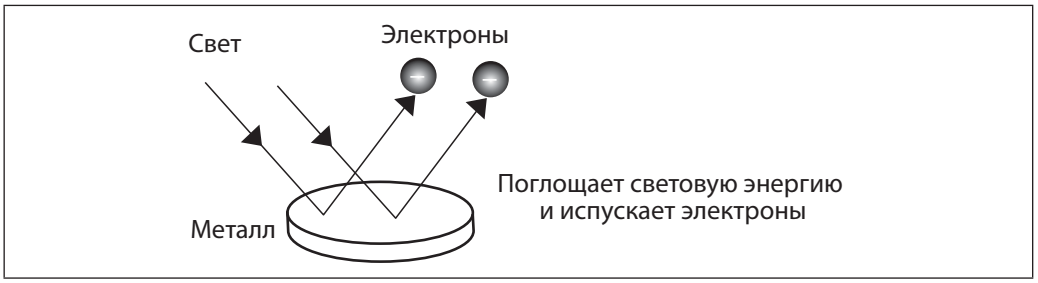


Температурные характеристики термисторов.

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*.

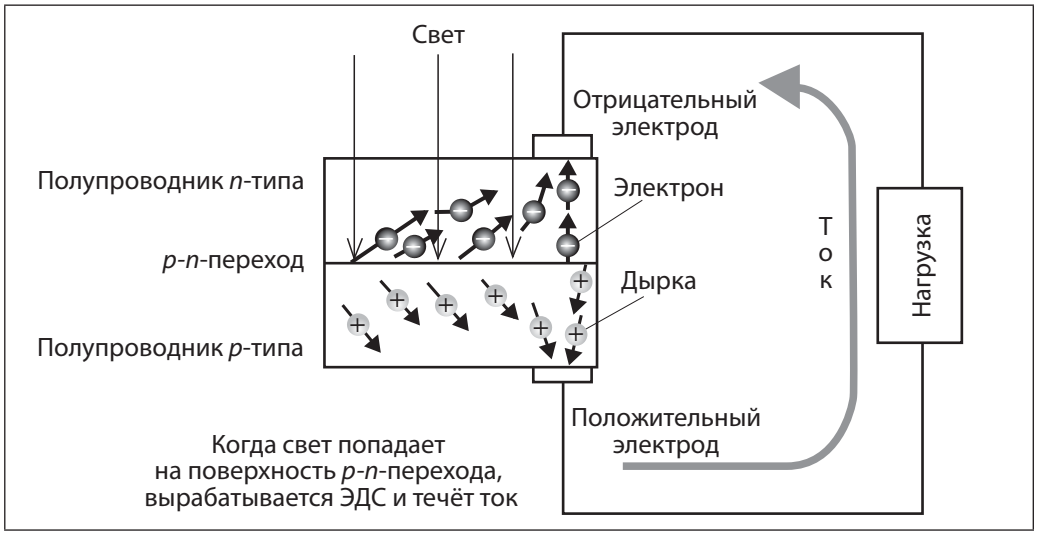


Фотоэффект.

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.

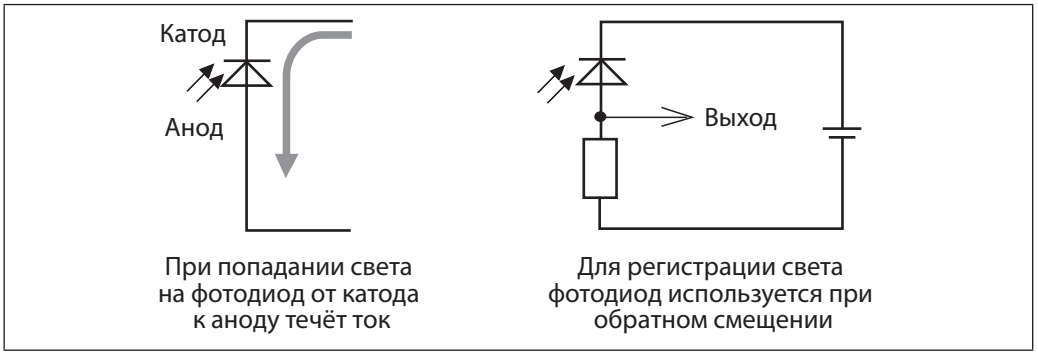


Фотогальванический эффект солнечной батареи.

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.

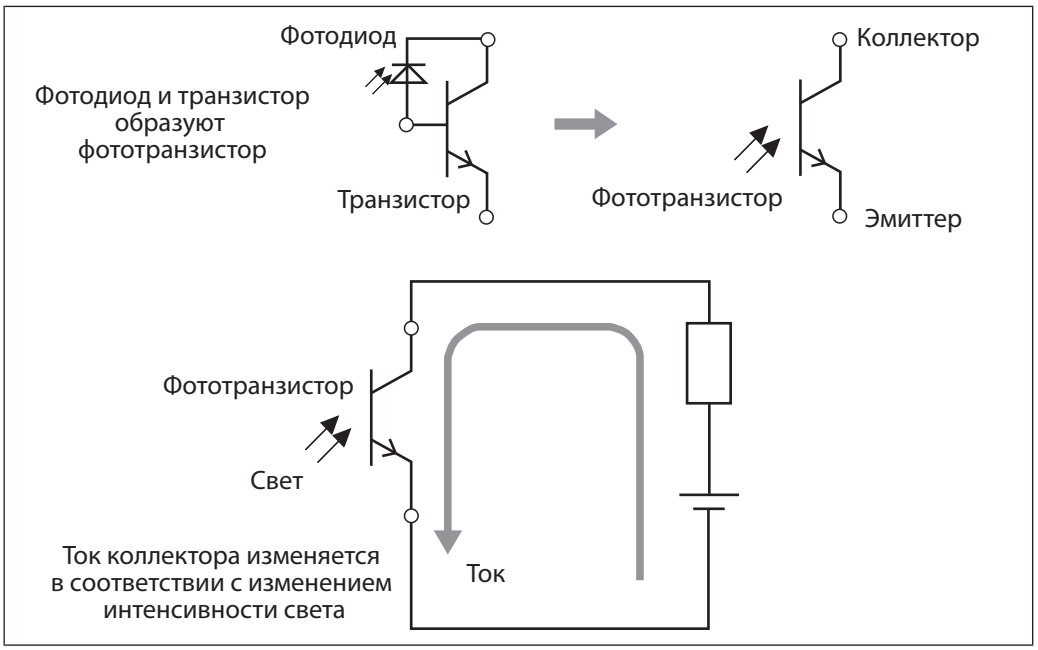
Фотодиод — это полупроводниковый прибор, в котором при поглощении света или инфракрасных лучей в результате фотогальванического эффекта от катода к аноду течёт ток. Величина тока, текущего в каждый момент, изменяется в соответствии с изменением интенсивности света.

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



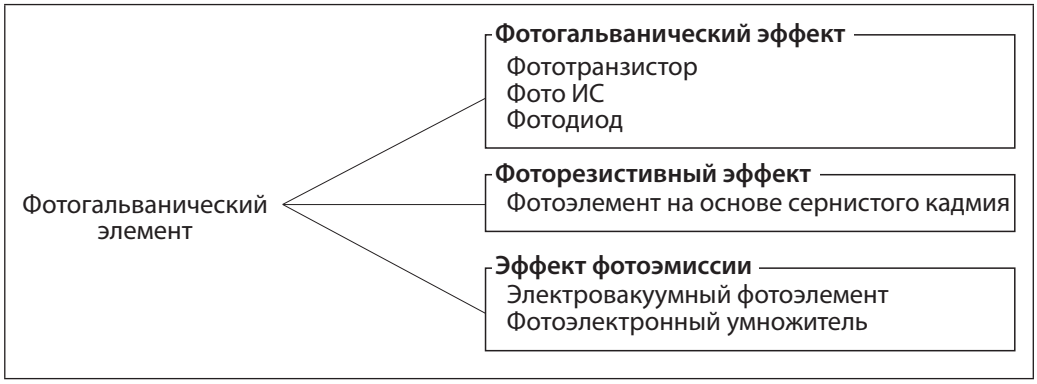
Фотодиод.

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.



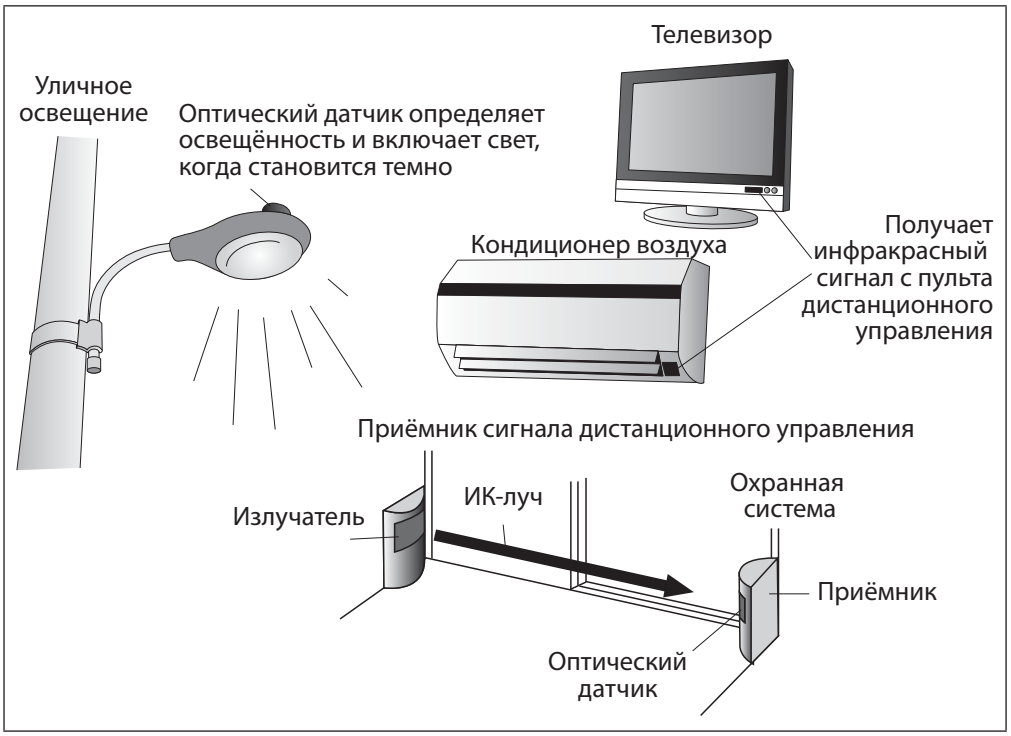
Фототранзистор.

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.
И СНОВА СОВЕРШЕННО ЗАПУСТИЛ СВОЮ КОМНАТУ...
ОГО... ТУЧИ СГУЩАЮТСЯ.
ПРОШЁЛ ЦЕЛЫЙ ГОД... ПОМНЮ, ПОГОДА В ТОТ ДЕНЬ БЫЛА, КАК СЕЙЧАС.
ПОЖАЛУЙ, Я УСПЕЮ ДО ДОЖДЯ.
ГМ.
ЩЁЛК

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 ЗДАНИЕ МОЕЙ ЛАБОРАТОРИИ?! НЕВЕРОЯТНО!
ТОП-ТОП-ТОП

Лаборатория
ВЖИХ!
ИНТЕРЕСНО, ЧТО С МОИМИ ДАННЫМИ?..
ХИКАРУ-САН?!
ДЁРГ!
АААА!
УХ-Х-Х?!
РЕ... РЕРЭКО?!
АГА, ЭТО Я!! КАК Я РАДА НАШЕЙ ВСТРЕЧЕ!
ПОЧЕМУ ТЫ ВЕРНУЛАСЬ? ОПЯТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ?
НЕ-А! БЛАГОДАРЯ ВАМ Я ЗАКОНЧИЛА ШКОЛУ БЕЗ ПРОБЛЕМ.

НА ЭТОТ РАЗ МЕНЯ НАПРАВИЛИ НА СТАЖИРОВКУ В ЛАБОРАТОРИЮ ВАШЕГО УНИВЕРСИТЕТА.
Направление на стажировку
от школы электрических наук
ПРАВДА?

ДА! ТЕПЕРЬ МЫ МОЖЕМ БЫТЬ КОЛЛЕГАМИ ПО РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ!

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*

Д

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*
Индуцированный 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

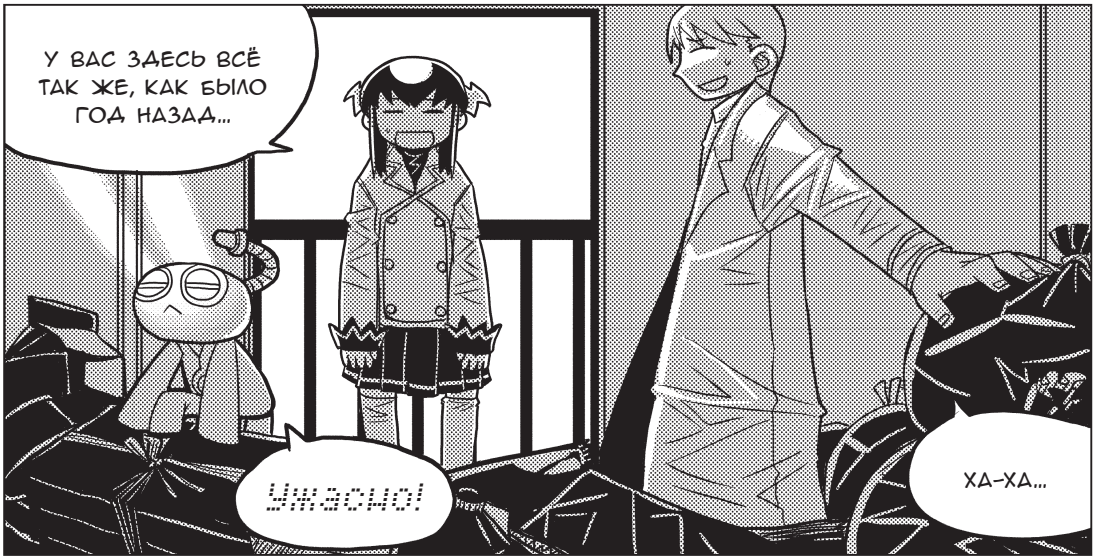
Щелочная сухая батарейка — *141*

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*
Электрогенератор — *115, 128*
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.alians-kniga.ru.
Оптовые закупки: тел. (499) 782-38-89
Электронный адрес: books@alians-kniga.ru.

Фудзитаки Кадзухиро (автор), Мацуда (художник)

Занимательная физика. Электричество. Манга
2-е издание

Главный редактор *Д. А. Мовчан*
dmkpress@gmail.com
Научный редактор *И. А. Сенников*
Верстальщик *А. Ю. Анненков*
Корректор *Г. Б. Абудеева*

Формат 70×90/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объём 14 п. л. Усл. п. л. 16,3. Тираж 200 экз.

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