

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА



## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

СТАРШЕКЛАССНИКИ СУСУМУ И ЮРИ ВОЛЕЙ СЛУЧАЯ ОТКРЫВАЮТ ДЛЯ СЕБЯ МУЗЕЙ БАТАРЕЙ И ЗНАКОМЯТСЯ С ЕГО ГОСТЕПРИИМНОЙ ВЛАДЕЛИЦЕЙ. ОНА РАССКАЖЕТ ДРУЗЬЯМ, КАКОГО ТИПА БЫВАЮТ БАТАРЕИ И КАКИЕ ИЗ НИХ ГДЕ ИСПОЛЗУЮТСЯ, А ТАКЖЕ ПОМОЖЕТ САМОСТОЯТЕЛЬНО СОБРАТЬ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ.

ВМЕСТЕ С ГЕРОЯМИ МАНГИ ЧИТАТЕЛЬ УЗНАЕТ ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ ИЗ ИСТОРИИ БАТАРЕЙ, В ДЕТАЛЯХ ИЗУЧИТ ИХ УСТРОЙСТВО, ВЫЯСНИТ, КАК ВРЕМЯ РАЗРЯДА ЗАВИСИТ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, В КАКИХ УСЛОВИЯХ ХРАНИТЬ ПЕРЕЗАРЯЖАЕМЫЕ БАТАРЕИ, ЧТОБЫ ОНИ ДОЛЬШЕ ПРОСЛУЖИЛИ, И КАК ПРАВИЛЬНО ИХ УТИЛИЗИРОВАТЬ. В КОНЦЕ КНИГИ ПРИВОДЯТСЯ СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ГЛОССАРИЙ И СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ В СОСТАВЕ БАТАРЕЙ.

МАНГА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ВСЕХ, КТО ИНТЕРЕСУЕТСЯ ПРИНЦИПАМИ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ.

Интернет-магазин:  
[www.dmkpress.com](http://www.dmkpress.com)

Оптовая продажа:  
КТК «Галактика»  
[books@aliens-kniga.ru](mailto:books@aliens-kniga.ru)

**DMK**  
издательство  
[www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)

ISBN 978-5-97060-710-7



9 785970 607107 >

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ

МАНГА

# ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Фудзитаки Кадзухиро  
Сато Юити

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАНГА  
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



Фудзитаки Кадзухиро  
Сато Юити  
Trend-PRO Co., Ltd.



**Занимательная манга**

**Источники питания**



マンガでわかる

# 電池

藤瀧 和弘・佐藤 祐一／共著

真西 まり／作画

トレンド・プロ／制作



**OHM**  
Ohmsha

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАНГА

.....

# ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

**Фудзитаки Кадзухиро и Сато Юити**

**Художник Манъиши Мари**

**Перевод**

**С. Л. Плехановой**



**DMK**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва  
ДМК Пресс, 2020

УДК 537.11  
ББК 31.252  
Ф94

**Фудзитаки К., Сато Ю.**

Ф94 Занимательные источники питания: манга / Фудзитаки Кадзухиро и Сато Юити (автор), Манъиши Мари (худ.); пер. с яп. С. Л. Плехановой. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 194 с. : ил. — (Серия «Образовательная манга»). — Доп. тит. л. яп.

ISBN 978-5-97060-710-7

Старшеклассники Сусуму и Юри волей случая открывают для себя музей батарей и знакомятся с его гостеприимной владелицей. Она расскажет друзьям, какого типа бывают батареи и какие из них где используются, а также поможет самостоятельно собрать батарею.

Вместе с героями манги читатель узнает интересные факты из истории батарей, в деталях изучит их устройство, выяснит, как время разряда зависит от температуры, в каких условиях хранить перезаряжаемые батареи, чтобы они дольше прослужили, и как правильно их утилизировать. В конце книги приводятся справочные материалы: глоссарий и сведения о химических веществах в составе батарей.

Издание предназначено для всех, кто интересуется принципами работы технических устройств.

УДК 537.11  
ББК 31.252

Manga de waku: Denchi (Manga Guide: Battery)

By Fudzitaki Kadzuxiro(Author), Illustration by Yuiti Sato. Office sawa, Ltd. (Producer)

Published by Ohmsha, Ltd.

Russian language edition copyright © 2020 by ДМК Пресс

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 978-4-274-06849-2 (яп.)  
ISBN 978-5-97060-710-7 (рус.)

Copyright © 2018 by and Office sawa, Ltd.  
© Издание, перевод, ДМК Пресс, 2019



# ПРЕДИСЛОВИЕ

С тех пор как в 1800 году в Италии Алессандро Вольта изобрел вольтов столб, прошло более 200 лет, и за это время на свет появились и исчезли десятки различных батарей. А в 1990 году появился никель-металлогидридный, а затем в 1991-м литий-ионный аккумулятор. Оба впервые начали производить в промышленных масштабах в Японии. На сегодняшний день на японском рынке продаются более десяти видов батарей, и ее можно назвать самым настоящим «Королевством батарей».

В современном обществе гаджеты стали неотъемлемой частью повседневной жизни. А под корпусом наших гаджетов своим важным трудом заняты батареи. Кроме того, батареи играют большую роль в работе источников бесперебойного питания, которые включаются в зданиях во время перебоев с подачей электричества, используются для питания персональных компьютеров, являются важной частью оборудования электричек и поездов, синкансэн, самолетов, водных судов, применяются и в других областях, которые обычно не бросаются в глаза. Тем более не будет преувеличением сказать, что информационное общество построено на использовании сотовых телефонов и ноутбуков, которые работают на литий-ионных аккумуляторах. А литий-ионные аккумуляторы крупного размера начали широко использовать в гибридных автомобилях и электромобилях, в солнечных батареях и электрических генераторах, которые работают от силы ветра, а также в батареях, которые накапливают избыточную электроэнергию ночью.

Постоянно сталкиваясь с использованием батарей, мы почти ничего не знаем об их составе и устройстве. Многие батареи легко приобрести, но их неправильное использование опасно: оно может сократить срок жизни батареи или привести к возгоранию и ожогам. Однако если изучить особенности различных батарей и использовать их умеючи, они долго прослужат верой и правдой.

Поэтому мы решили написать эту книгу, чтобы познакомить всех, кто может заинтересоваться батареями, с их «начинкой». Формат манги был выбран для того, чтобы материал был более доступным для читателя и понятным даже для людей, незнакомых с химическими формулами. Однако для тех, кому захочется более глубоко изучить материал, написаны разделы «Дополнительная информация», которые содержат более специализированную информацию.

В заключение мы хотим выразить нашу глубокую благодарность иллюстратору Манъиши Мари, создавшей очаровательных персонажей этой истории, и всем сотрудникам компании Trend Pro, которые помогли создать книгу, читаемую вами. Кроме того, мы благодарим всех сотрудников отдела по развитию компании Ohmsha, которые любезно предоставили авторам возможность взяться за перо.

Март 2012 года

*Фудзитаки Кадзухиро и Сато Юити*

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....                                                      | <b>V</b>  |
| <b>ПРОЛОГ</b> .....                                                           | <b>1</b>  |
| <br><b>Глава 1. БАТАРЕИ: БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> .....                         | <b>11</b> |
| 1.1. Привычные нам батареи и их использование .....                           | 12        |
| 1.2. Виды батарей .....                                                       | 19        |
| 1.3. Делаем батарейку .....                                                   | 22        |
| 1.4. История батарей .....                                                    | 25        |
| Дополнительная информация .....                                               | 45        |
| Как безопасно использовать батареи? .....                                     | 45        |
| Как выбрасывать и перерабатывать использованные<br>батареи? .....             | 48        |
| <br><b>Глава 2. ПЕРВИЧНЫЕ БАТАРЕИ</b> .....                                   | <b>51</b> |
| 2.1. Что такое первичные батареи .....                                        | 52        |
| 2.2. Особенности различных видов первичных батарей .....                      | 55        |
| 2.3. Первичные батареи: стандарты .....                                       | 70        |
| Дополнительная информация .....                                               | 73        |
| Самопроизвольный разряд батарей и рекомендованный<br>срок годности .....      | 73        |
| Период использования в зависимости от способа<br>хранения и температуры ..... | 73        |
| Прекращение использования ртути в сухих батареях .....                        | 74        |
| <br><b>Глава 3. ВТОРИЧНЫЕ БАТАРЕИ</b> .....                                   | <b>75</b> |
| 3.1. Что такое вторичные батареи .....                                        | 76        |
| 3.2. Особенности различных видов вторичных батарей .....                      | 80        |
| 3.3. Стандарты вторичных батарей .....                                        | 98        |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Дополнительный материал.....                                              | 100 |
| Срок службы и износ вторичных батарей .....                               | 100 |
| Что такое перезаряд и переразряд?.....                                    | 100 |
| Эффект памяти .....                                                       | 101 |
| Безопасность литий-ионных батарей.....                                    | 102 |
| Электромобили. Система управления .....                                   | 105 |
| Зависимость времени использования (время разряда)<br>от температуры ..... | 109 |
| Космические спутники и батареи.....                                       | 110 |

## **Глава 4. ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....111**

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Электролиз и топливные элементы .....           | 112 |
| 4.2. Виды топливных элементов и их особенности ..... | 122 |
| Дополнительный материал.....                         | 127 |
| Топливные элементы и платина.....                    | 127 |
| Газообразный водород.....                            | 128 |
| Технология изготовления электродов .....             | 129 |
| Сохранение области трехфазной границы .....          | 130 |

## **Глава 5. ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА.....131**

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Солнечные батареи.....                                     | 132 |
| 5.2. Термоэлектрическая батарея.....                            | 143 |
| 5.3. Двухслойный электрический конденсатор.....                 | 149 |
| Дополнительный материал.....                                    | 157 |
| Продажа электроэнергии, произведенной<br>в домохозяйствах ..... | 157 |
| Космические солнечные панели и миура-ори.....                   | 160 |
| Через несколько дней .....                                      | 170 |

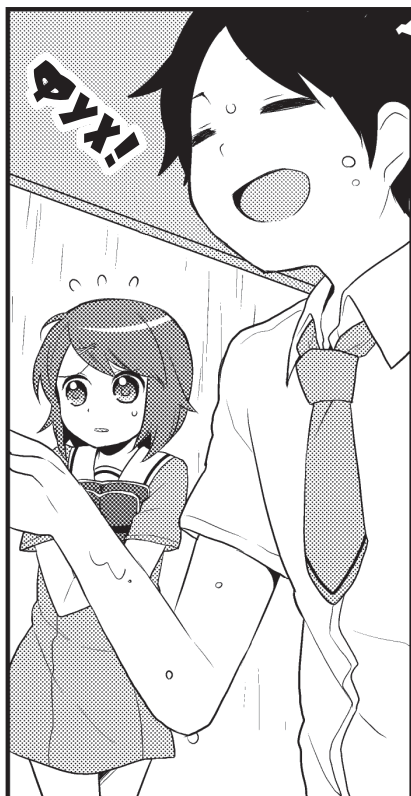
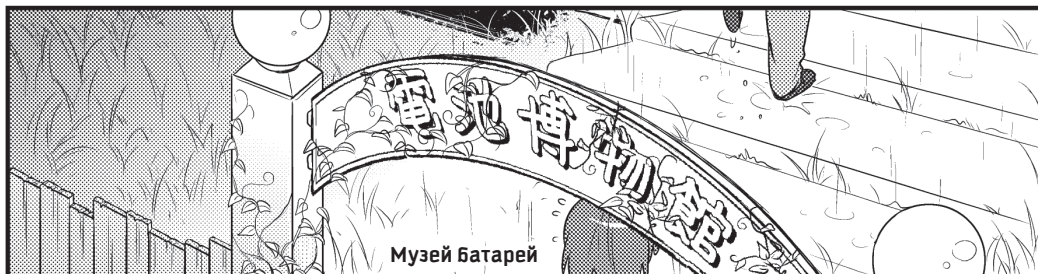
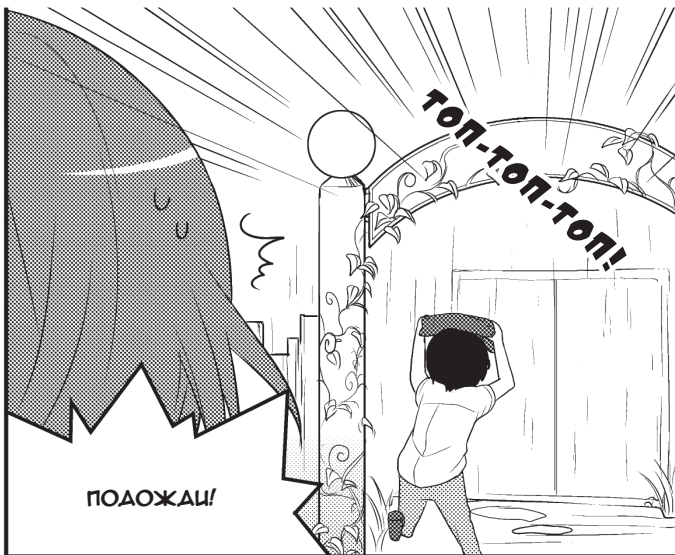
## **ПРИЛОЖЕНИЕ.....173**

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глоссарий .....                                                                               | 174 |
| Дополнительный материал 1. Химические формулы веществ,<br>часто используемых в батареях ..... | 183 |
| Дополнительный материал 2. Основные элементы<br>химических батарей .....                      | 184 |



# ΠΡΟΛΟΓ







**ПАНИКА!**

ПРОСТО ТЫ СЛИШКОМ  
БЕЗРАЗЛИЧНЫЙ!

НАЧАТЬ С ТОГО,  
ЧТО ТУТ НИ ДУШИ,  
И АТМОСФЕРА  
КАКАЯ-ТО ЖУТКАЯ...

**ЗАКРЕП  
СВЕТ**

**А-А-А-А-А!**

**ОТПУСТИ!**

**ШЛЕП!**

**ДУРАК!  
НЕ ПРИЖИМАЙСЯ  
КО МНЕ!**

НО...  
ЭТО ВЕДЬ ТЫ  
КО МНЕ ПРИЖАЛАСЬ...

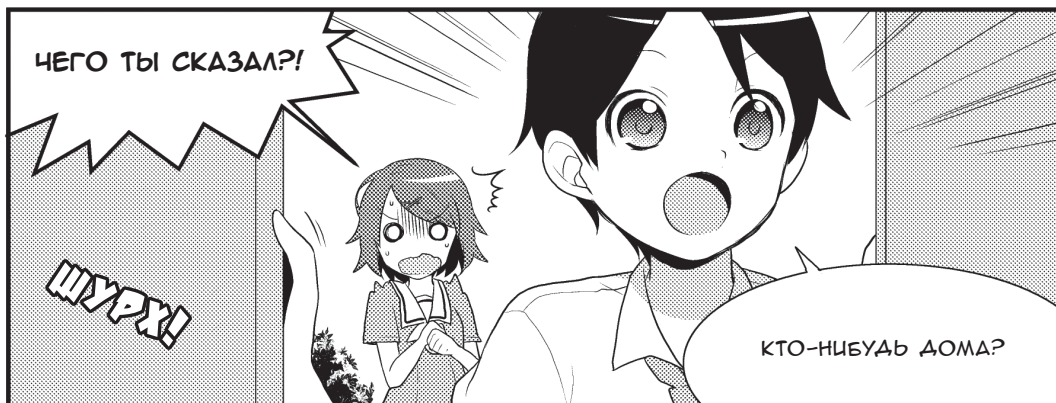
ЧТО?

**СКРИ-И-ИП**

ПОХОЖЕ,  
ДВЕРЬ ОТКРЫТА!

**СКРИ-И-ИП**

ПО-МОЕМУ,  
ДОЖАБ  
И НЕ СОБИРАЕТСЯ  
ЗАКАНЧИВАТЬСЯ.  
ААВАЙ ПОДОЖДЕМ  
ВНУТРИ?





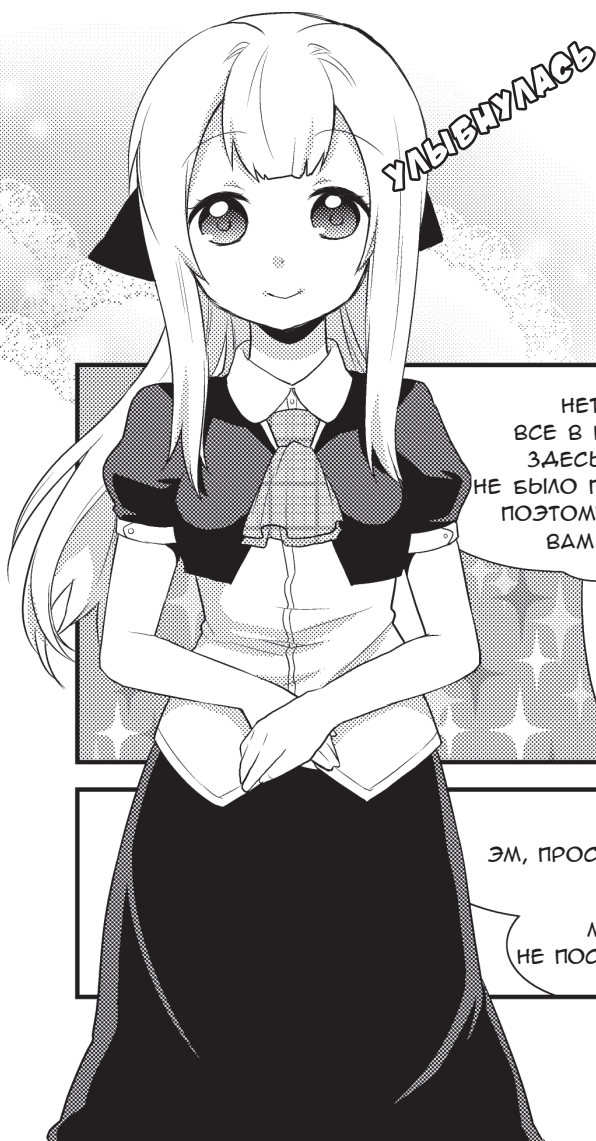


А-А-А-А-А-А-А!



ДОБРО  
ПОЖАЛОВАТЬ!

А-А-А-А!

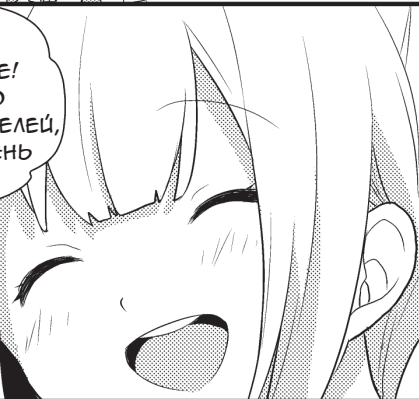


ИЗВИНИТЕ  
ПОЖАЛУЙСТА!

МЫ ЗАШЛИ  
БЕЗ СПРОСА...

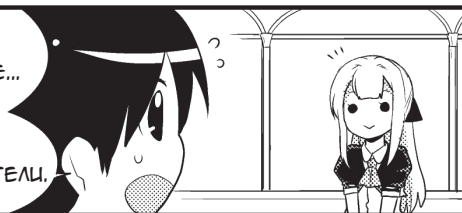


НЕТ, НЕТ,  
ВСЕ В ПОРЯДКЕ!  
ЗАЕСЬ ДАВНО  
НЕ БЫЛО ПОСЕТИТЕЛЕЙ,  
ПОЭТОМУ Я ОЧЕНЬ  
ВАМ РАДА!

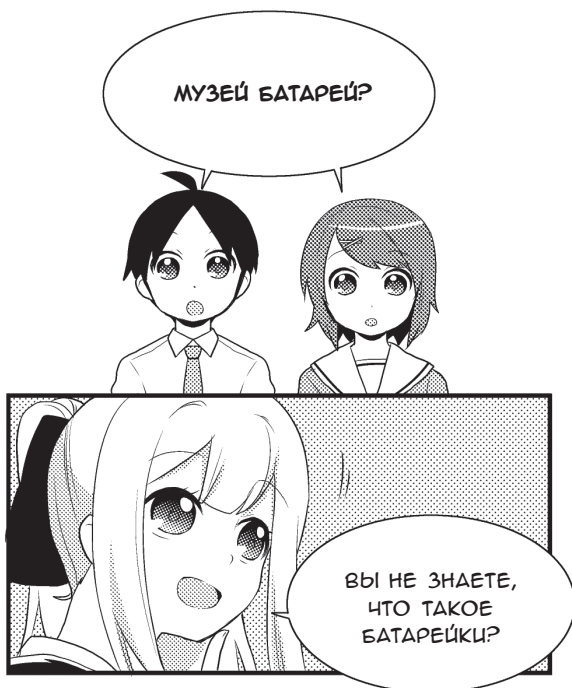
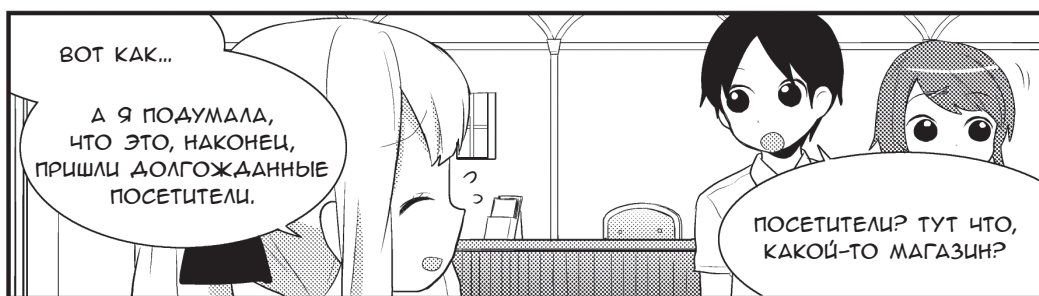
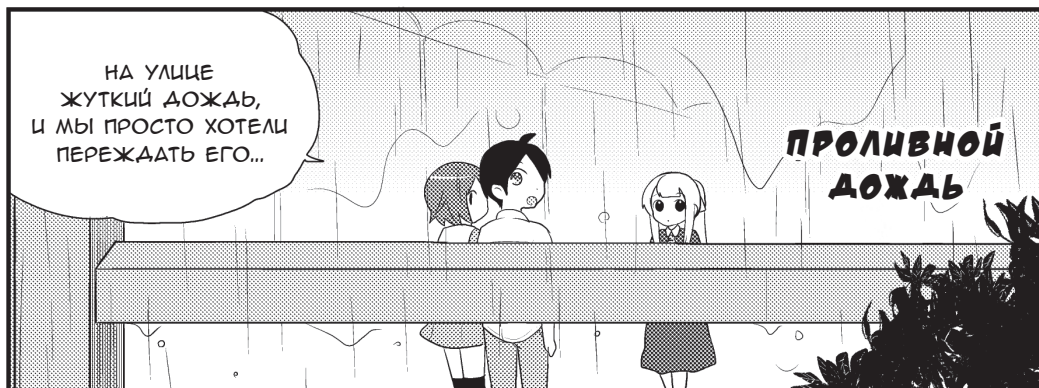


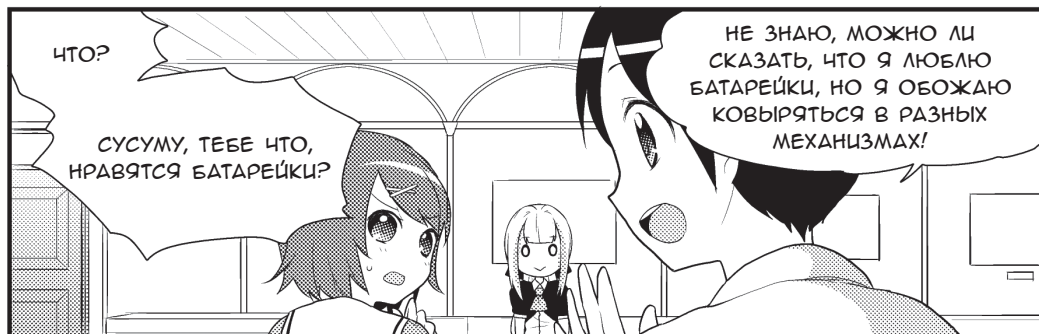
ЭМ, ПРОСТИТЕ...

МЫ  
НЕ ПОСЕТИТЕЛИ.



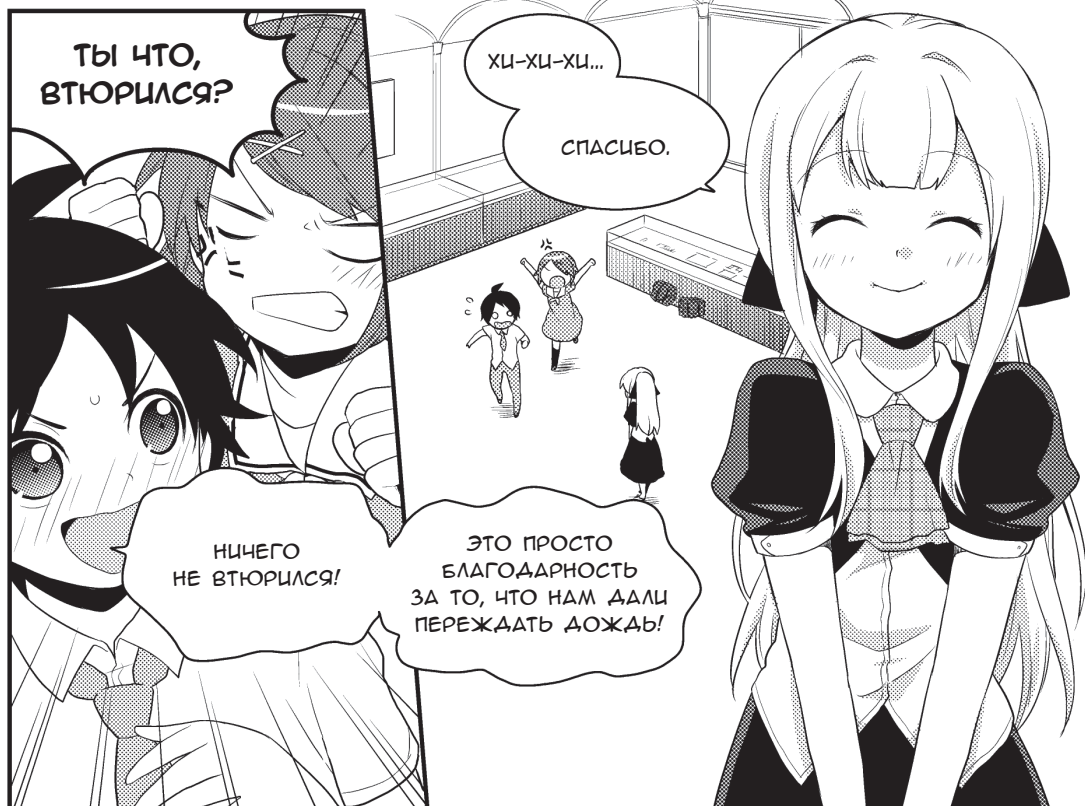














## ГЛАВА 1

# БАТАРЕИ: БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

## 1.1. ПРИВЫЧНЫЕ НАМ БАТАРЕИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

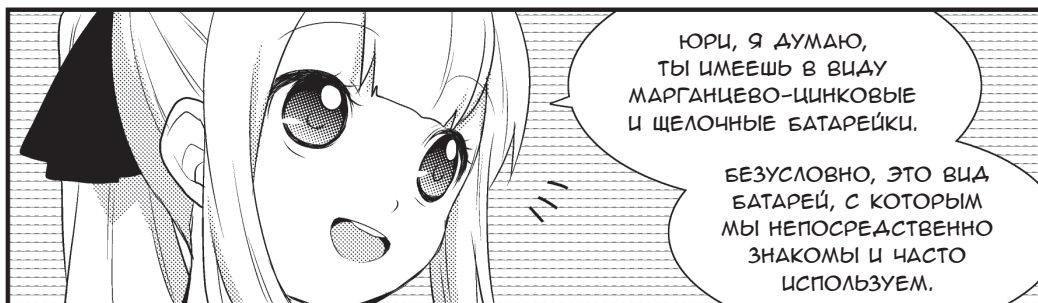














ЕСТЬ И ДРУГИЕ  
ВИДЫ БАТАРЕЙ.

ВОТ В КАЛЬКУЛЯТОРАХ  
И ПОХОЖИХ ПРИБОРАХ  
ИСПОЛЗУЮТСЯ  
СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ.



СРЕДИ РАЗНООБРАЗНЫХ  
СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ  
ЕСТЬ И ТАКИЕ, КОТОРЫЕ  
УСТАНАВЛИВАЮТ НА КРЫШАХ  
ДОМОВ.

ДЛЯ ТОГО ЧТОБЫ  
СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ  
ДНЕМ ЗАРЯЖАЛАСЬ  
И СОХРАНЯЛА  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ,

ИСПОЛЗУЮТСЯ  
СТАЦИОНАРНЫЕ  
ЛИТИЙ-ИОННЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ.

Для проверки литий-ионных аккумуляторов на  
безопасность было создано правило (JIS C 8714).

НО СРЕДИ БАТАРЕЙ  
ЕСТЬ И ТАКИЕ, КОТОРЫЕ  
НЕ МОГУТ НАКАПЛИВАТЬ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ,  
В ОТЛИЧИЕ  
ОТ СОЛНЕЧНЫХ  
БАТАРЕЙ, ДА?

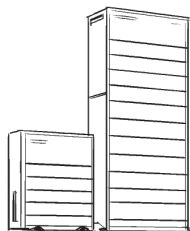


ПОЛУЧАЕТСЯ,  
ЧТО БАТАРЕИ - ЭТО  
НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ  
НАШЕЙ ЖИЗНИ.



ТАК И ЕСТЬ.  
Я ХОРОШО  
ОБЪЯСНИЛА  
ВАЖНОСТЬ  
БАТАРЕЙ?

В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ  
В ПОВСЕДНЕВНЫЙ  
ОБИХОД ВОШЛИ  
ДОМАШНИЕ ТОПЛИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ.







ВЫХОДИТ, БАТАРЕИ  
ДЕЛЯТСЯ НА МНОГО  
РАЗНЫХ ТИПОВ...



А Я ЧТО-ТО СОВСЕМ  
ПЕРЕСТАЛА ПОНИМАТЬ,  
ЧТО ДЕЛАЕТ ПРЕДМЕТ  
БАТАРЕЕЙ...



ЕСЛИ ОБЪЯСНЯТЬ  
С НАУЧНОЙ ТОЧКИ  
ЗРЕНИЯ,  
ПОЛУЧАЕТСЯ,  
ЧТО БАТАРЕЯ - ЭТО  
УСТРОЙСТВО, КОТОРОЕ  
НАПРЯМУЮ ВЫРАБАТЫВАЕТ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ИСПОЛЬЗУЯ  
ФИЗИЧЕСКУЮ  
ЭНЕРГИЮ  
И ХИМИЧЕСКИЕ  
РЕАКЦИИ.



ВРОДЕ БЫ ПОНЯТНО,  
НО НЕ ОЧЕНЬ...

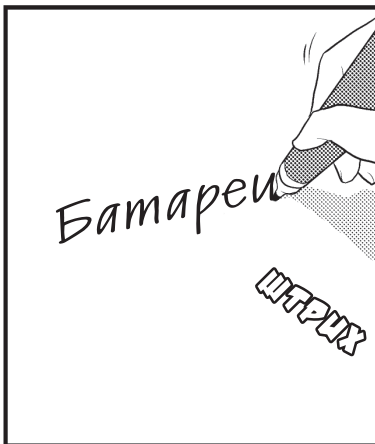
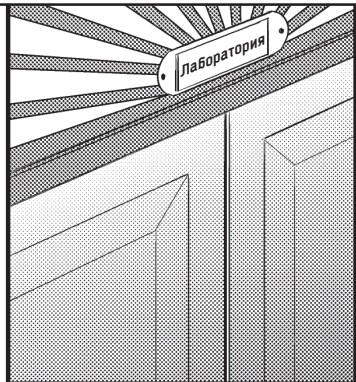


ПОДОЙДИТЕ  
СЮДА.

Я ОБЪЯСНЮ  
НА КОНКРЕТНЫХ  
ПРИМЕРАХ.



## 1.2. ВИДЫ БАТАРЕЙ



БАТАРЕИ Делятся  
на два типа: химические  
источники тока, которые  
вырабатывают  
электричество  
в результате  
химической  
реакции, и физические  
источники тока, которые  
вырабатывают его  
в результате  
физической  
энергии.

Батареи

Химические  
источники тока

Физические  
источники тока



ХИМИЧЕСКАЯ  
РЕАКЦИЯ - ЭТО КОГДА  
ОДНО ВЕЩЕСТВО  
ПРЕВРАЩАЕТСЯ  
В ДРУГОЕ,  
ПРАВИЛЬНО?

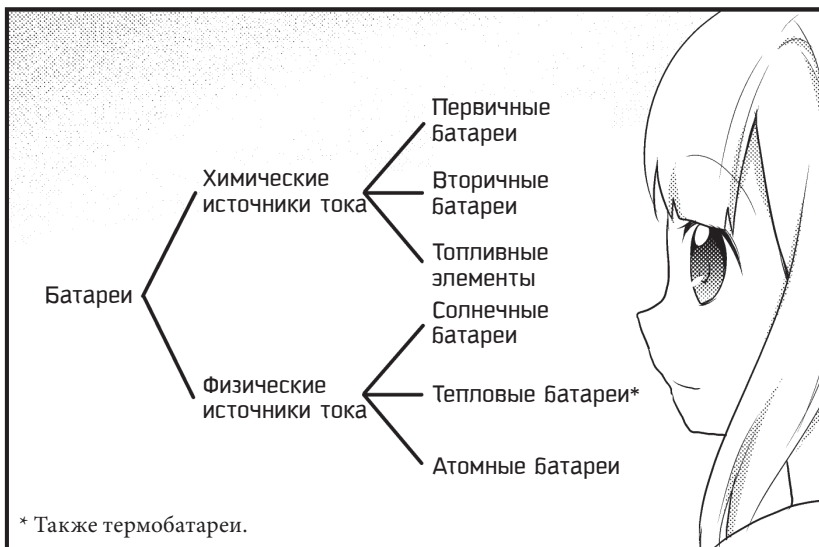


ДА.

БАТАРЕИ, ВНУТРИ  
КОТОРЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ  
ОБРАЗУЕТСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ  
РЕАКЦИИ ПРЕВРАЩЕНИЯ  
ОДНОГО ВЕЩЕСТВА  
В ДРУГОЕ, НАЗЫВАЮТСЯ  
ХИМИЧЕСКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТОКА.  
А ПОД ФИЗИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ  
МЫ ПОНИМАЕМ ЭНЕРГИЮ СВЕТА  
И ТЕПЛА.



ВНУТРИ ЭТИХ ДВУХ БОЛЬШИХ ГРУПП ЕСТЬ РАЗНООБРАЗНЫЕ ВИДЫ АККУМУЛЯТОРОВ.



\* Также термобатареи.



Первичные батареи

Вторичные батареи

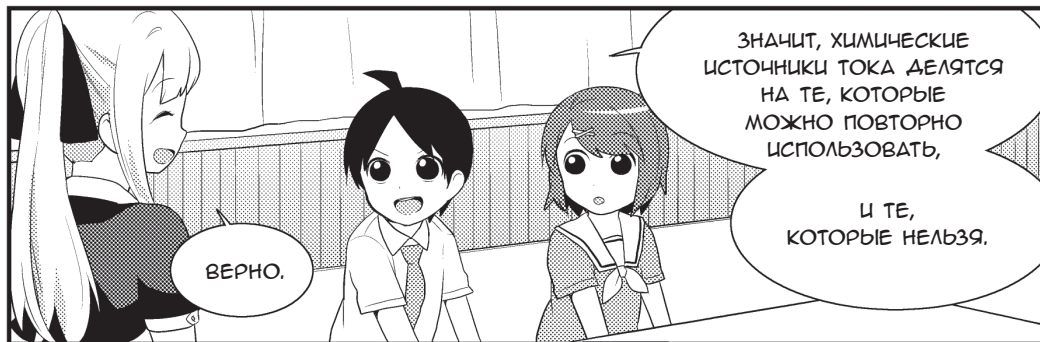
ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА, КОТОРЫЕ НЕВОЗМОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЕЩЕ РАЗ ПОСЛЕ ТОГО, КАК ОНИ РАЗРЯДИЛИСЬ, НАЗЫВАЮТСЯ ПЕРВИЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ.

А ИСТОЧНИКИ ТОКА, КОТОРЫЕ МОЖНО ЗАРЯЖАТЬ И ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ, - ВТОРИЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ.

В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ, БАТАРЕИ, КОТОРЫЕ БУДУТ ВЫРАБАТЫВАТЬ ЭНЕРГИЮ, ЕСЛИ ОБЕСПЕЧИТЬ ИХ ВЕЩЕСТВОМ, НЕОБХОДИМЫМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ, НАЗЫВАЮТСЯ **ТОПЛИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**.

ВОТ ТРИ ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ.

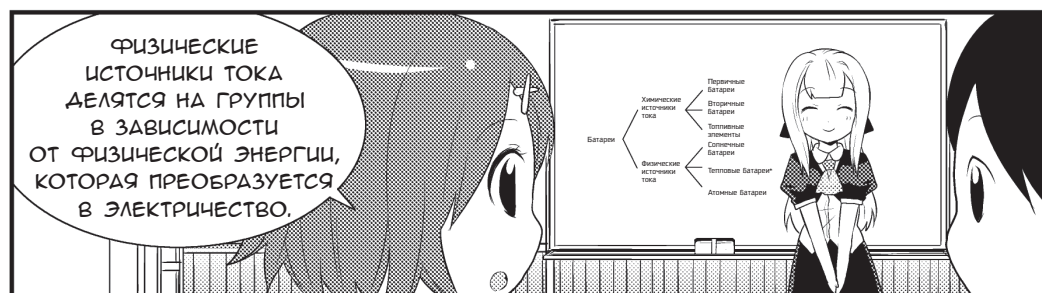
Топливные элементы



ВЕРНО.

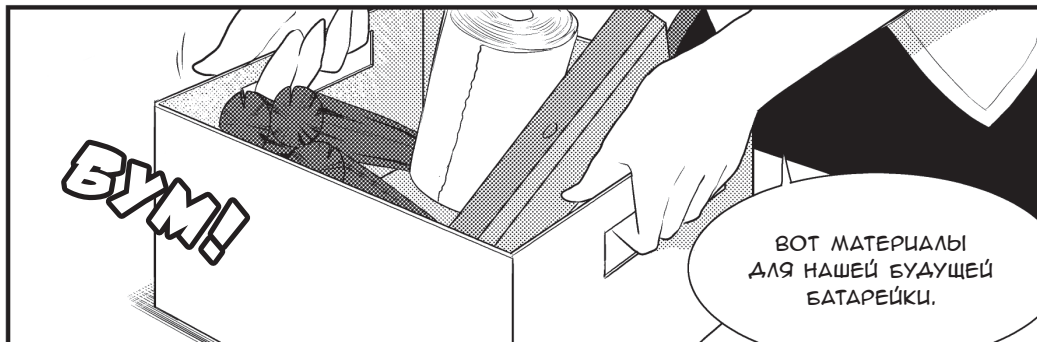
ЗНАЧИТ, ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЕЛЯТСЯ НА ТЕ, КОТОРЫЕ МОЖНО ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ,

И ТЕ, КОТОРЫЕ НЕЛЬЗЯ.

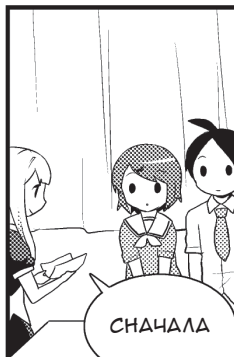




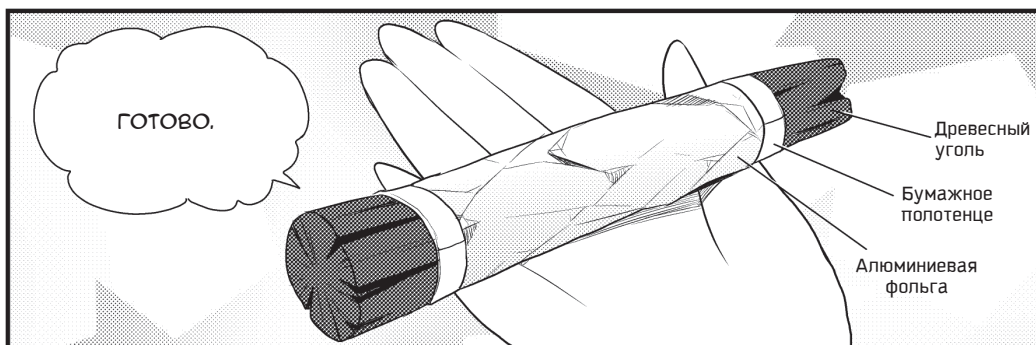
### 1.3. ДЕЛАЕМ БАТАРЕЙКУ

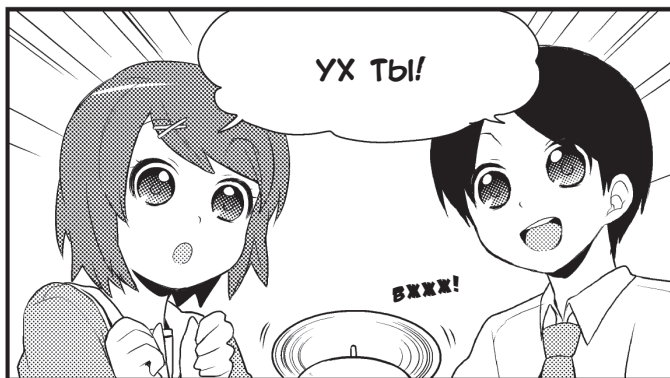
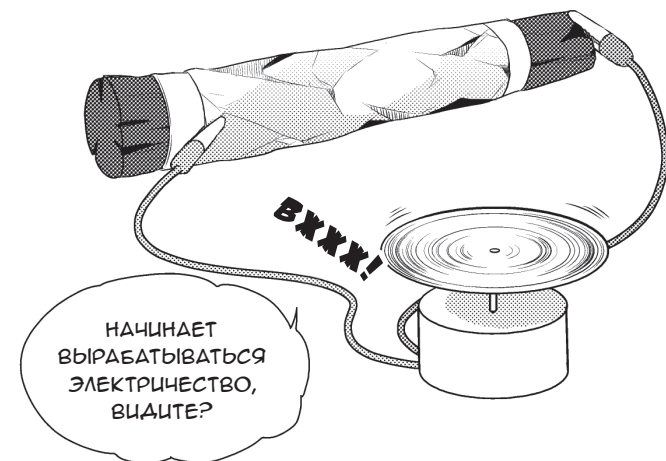






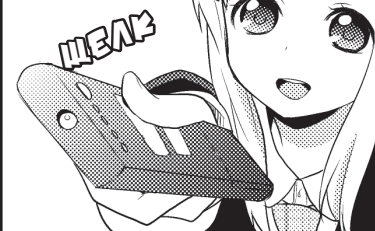
НАДО ПРОПИТАТЬ  
БУМАЖНОЕ ПОЛОТЕНЦЕ  
СОЛЯНЫМ РАСТВОРОМ.





## 1.4. ИСТОРИЯ БАТАРЕЙ

САМАЯ ПЕРВАЯ В ИСТОРИИ  
БАТАРЕЯ РАБОТАЛА  
ПО ТОМУ ЖЕ ПРИНЦИПУ,  
ЧТО И БАТАРЕЙКА,  
КОТОРУЮ МЫ ТОЛЬКО  
ЧТО СОБРАЛИ.



### ЭКРАН ЗАЖЕГСЯ



ЭТО БАТАРЕЯ?

ЖЕЛЕЗНЫЙ ПРУТ,  
МЕДНАЯ ТРУБА  
И ГЛИНЯНЫЙ ГОРШОК.

ЭТО - БАГААДСКАЯ БАТАРЕЯ.  
ЕЕ ОСТАТКИ ДАТИРУЮТСЯ  
III ВЕКОМ ДО Н. Э. -  
III ВЕКОМ Н. Э.

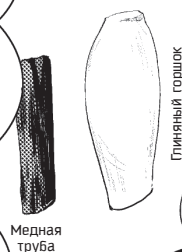
В ТАКОЙ ДАЛЕКОЙ  
ДРЕВНОСТИ УЖЕ  
БЫЛИ БАТАРЕИ?



ХИ-ХИ.  
ВПЕЧАТЛЯЕТ, ДА?

БАГААДСКУЮ БАТАРЕЙКУ  
ОБНАРУЖИЛ НЕМЕЦКИЙ  
АРХЕОЛОГ ВИЛЬГЕЛЬМ КЕНИГ  
В 1932 ГОДУ В ПРЕДМЕСТЬЕ  
БАГААДА, НА РАСКОПКАХ  
ПОСЕЛЕНИЯ В КУДЖУТ-РАБУ.  
ОНА ПРИНАДЛЕЖИТ  
К ПАРФЯНСКОМУ ПЕРИОДУ.

МЫ НЕ ЗНАЕМ,  
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ОНА  
ИСПОЛЬЗОВАЛАСЬ КАК  
БАТАРЕЯ ИЛИ НЕТ.





ОДНАКО  
ЕСЛИ НАЛИТЬ В МЕДНУЮ  
ТРУБКУ УКСУСНУЮ КИСЛОТУ,  
ПОЛУЧЕННУЮ ИЗ СКИСШЕГО ВИНА,  
ИЛИ СОЛЯНОЙ РАСТВОР, А ПОСЛЕ  
ОПУСТИТЬ ВНУТРЬ ЖЕЛЕЗНЫЙ  
ПРУТ - МОЖНО БУДЕТ  
С ЛЕГКОСТЬЮ ПОЛУЧИТЬ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  
ПРИМЕРНО В 0.8 В.

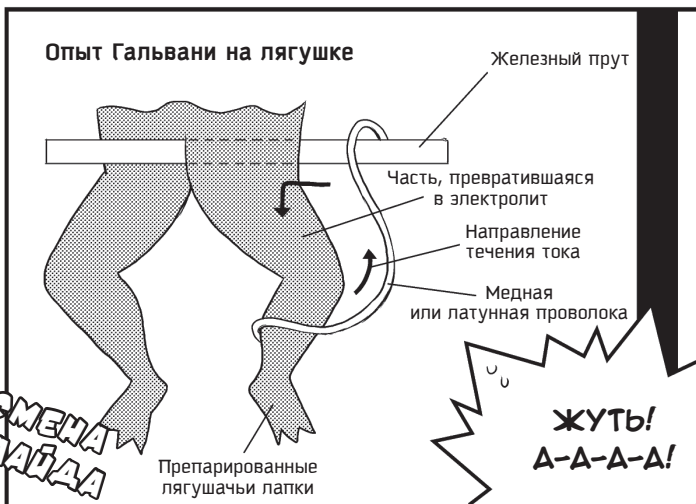


ПРИ СОЕДИНЕНИИ  
МНОЖЕСТВА ТАКИХ  
"БАТАРЕЕК" МОЖНО  
БЫЛО БЫ ГАЛЬВАНИЗИРОВАТЬ  
ПРЕДМЕТЫ - ПОКРЫВАТЬ  
ИХ СЛОЕМ ЗОЛОТА.



ДАВАЙТЕ  
ПОЙДЕМ  
ДАЛЬШЕ.  
ВОТ.

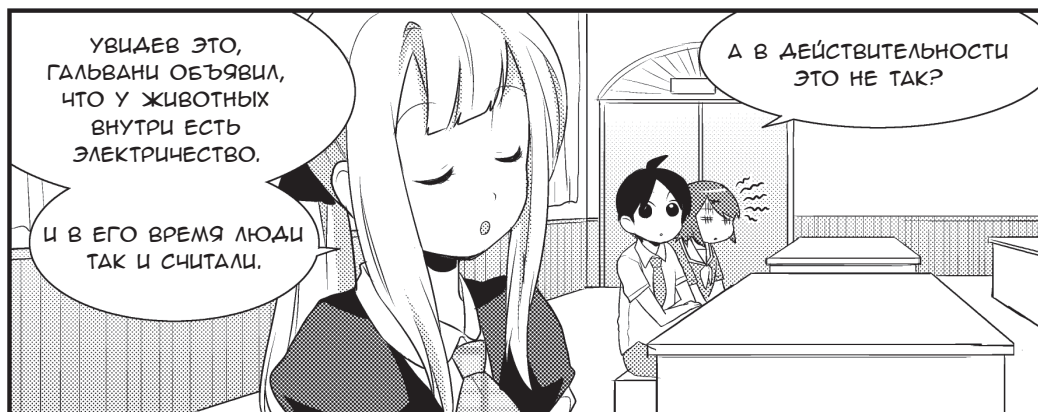
СМЕНА  
СЛАЙДА



ЖУТЬ!  
А-А-А-А!



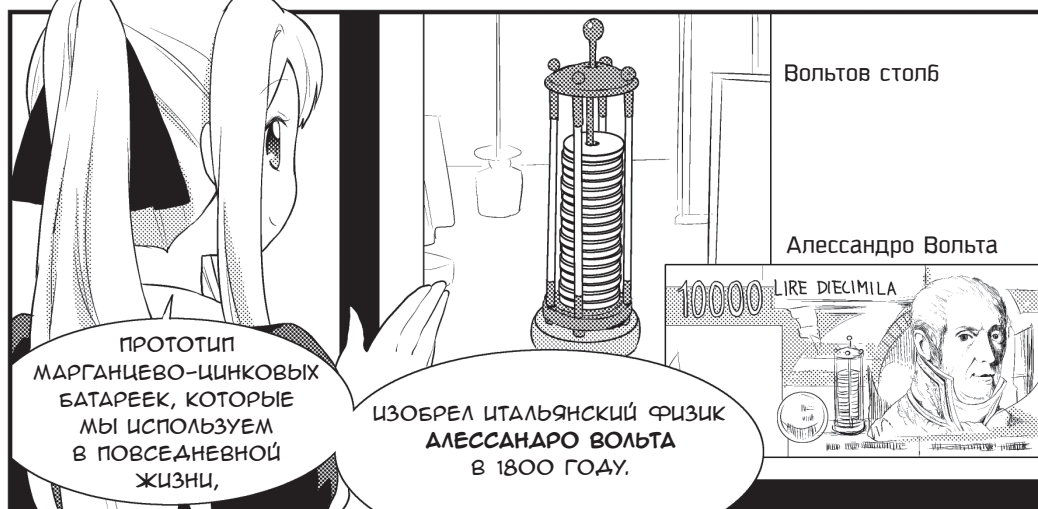






В КОНЦЕ КОНЦОВ, НЕСМОТРЯ  
НА ТО ЧТО ВЫДАВНУТАЯ  
ГАЛЬВАНИ ТЕОРИЯ БЫЛА  
ОШИБОЧНОЙ, ЕГО ОПЫТ  
ПОСЛУЖИЛ ТОЛЧКОМ  
К ИЗУЧЕНИЮ СИСТЕМЫ  
ВОЗБУЖДЕНИЯ НЕРВНЫХ  
КЛЕТОК И ПРИВЕЛ  
К РАЗВИТИЮ ТАКИХ СОВРЕМЕННЫХ  
ОБЛАСТЕЙ НАУКИ, КАК  
МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА  
И БИОЭЛЕКТРОНИКА.

ПО-МОЕМУ,  
НАУКА ИМЕННО ТАК  
И РАЗВИВАЕТСЯ.



ПРОТОТИП  
МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ  
БАТАРЕЕК, КОТОРЫЕ  
МЫ ИСПОЛЗУЕМ  
В ПОВСЕДНЕВНОЙ  
ЖИЗНИ,

ИЗОБРЕЛ ИТАЛЬЯНСКИЙ ФИЗИК  
**АЛЕССАНДРО ВОЛЬТА**  
В 1800 ГОДУ.

Вольтов столб

Алессандро Вольта

10000

LIRE DECIMILA



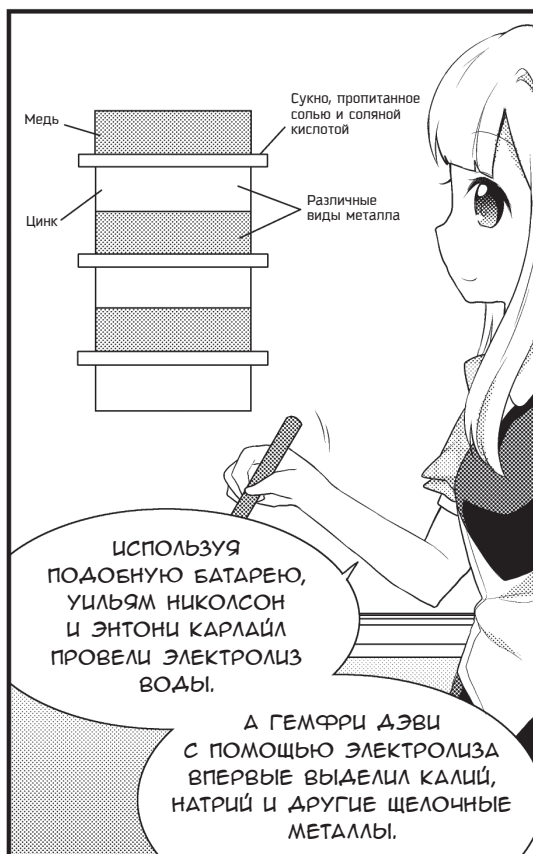
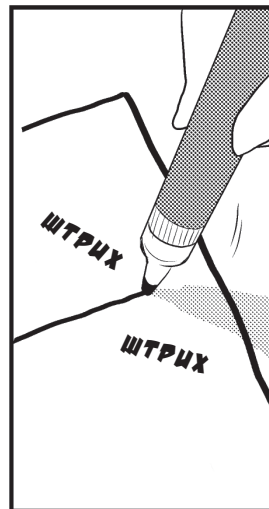
ЭТО ТОТ ВОЛЬТА,  
ИМЯ КОТОРОГО ТЫ  
УЖЕ УПОМИНАЛА?



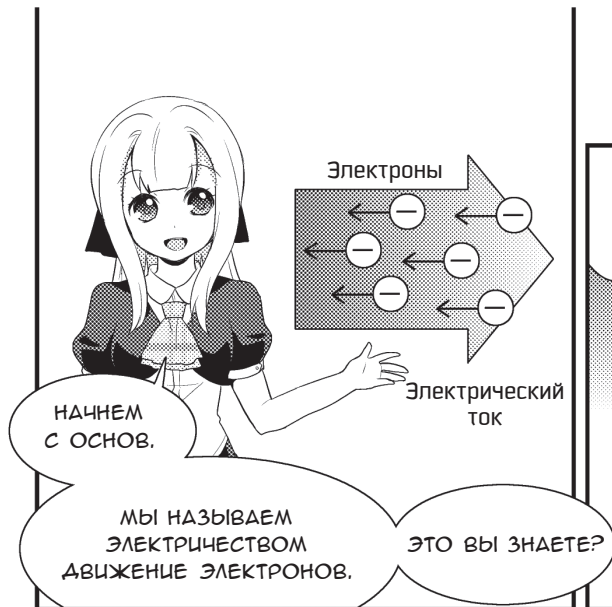
СОВЕРШЕННО ВЕРНО!  
ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО  
НАПРЯЖЕНИЯ  
НАЗЫВАЕТСЯ "ВОЛЬТ".  
ЭТО БЫЛ  
ВЫДАЮЩИЙСЯ  
УЧЕНЫЙ!

НАСТОЛЬКО,  
ЧТО ЕГО ПОРТРЕТ  
БЫЛ ИЗОБРАЖЕН  
НА ИТАЛЬЯНСКИХ  
КУПЮРАХ.

**Вольт**

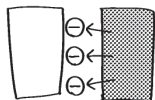




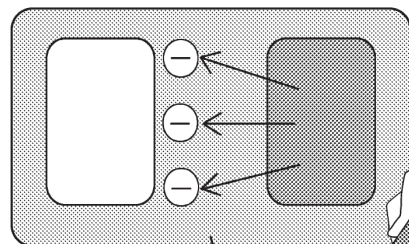




ПРАВИЛЬНО.



КСТАТИ,  
ЖИДКОСТЬ, ВНУТРИ КОТОРОЙ  
НАХОДЯТСЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ  
И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИОНЫ И ПО  
КОТОРОЙ ТЕЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО,  
НАЗЫВАЕТСЯ **ЭЛЕКТРОЛИТ**.



ПОЖАЛУЙСТА,  
ЗАПОМНИТЕ ЭТО.

Электролит

ТЕПЕРЬ  
ПОЙДЕМ  
ДАЛЬШЕ.  
ЕСЛИ ОПУСТИТЬ  
В РАСТВОР МЕТАЛЛ,  
ОН НАЧНЕТ ОДАВАТЬ  
ЭЛЕКТРОНЫ.

ОСНОВНЫЕ МЕТАЛЛЫ,  
РАСПОЛОЖЕННЫЕ ПО  
СКЛОННОСТИ К ИОНИЗАЦИИ  
ОТ БОЛЬШОГО К МАЛОМУ,  
ВЫГЛЯДЯТ ВОТ ТАК:

Больше

Меньше

Литий Цинк Свинец Медь Серебро Золото

ЕСЛИ МЕТАЛЛ ОДАЕТ  
ЭЛЕКТРОНЫ, ПОЛУЧАЕТСЯ,  
ОН СТАНОВИТСЯ  
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ  
ИОНОМ?

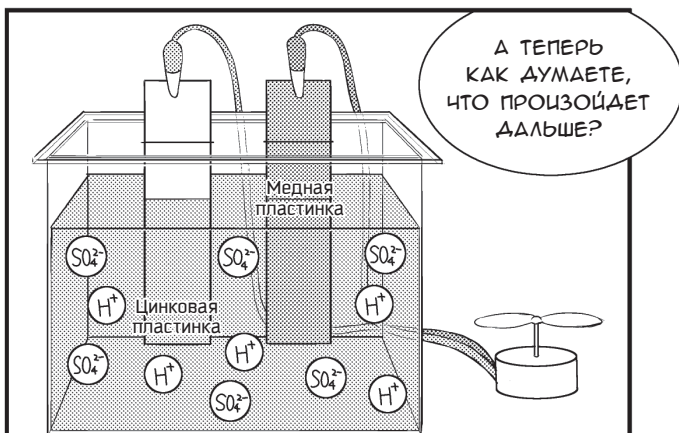
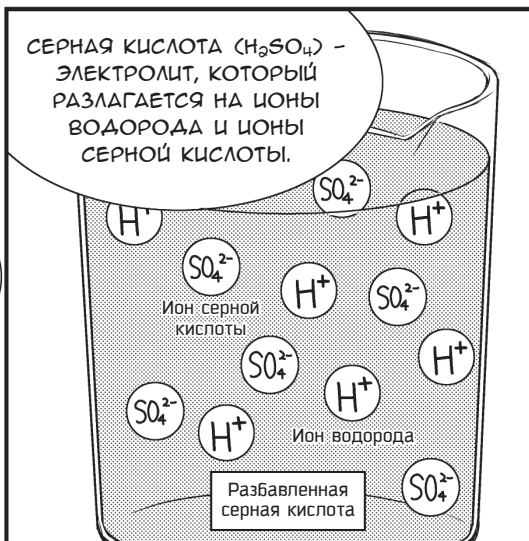
СОВЕРШЕННО  
ВЕРНО.

ОДНАКО  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА  
МЕТАЛЛА ИЗМЕНЯЕТСЯ  
ЛЕГКОСТЬ, С КОТОРОЙ ОН  
МОЖЕТ ПРЕВРАТИТЬСЯ  
В ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ  
ИОН.

ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ  
**СКЛОННОСТЬЮ  
К ИОНИЗАЦИИ**.



ОТСЮДА ВИДНО,  
ЧТО ЕСЛИ СРАВНИВАТЬ  
МЕДЬ И ЦИНК, ЦИНК  
С БОЛЬШЕЙ ЛЕГКОСТЬЮ  
ПРЕВРАТИТСЯ  
В ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИОН.



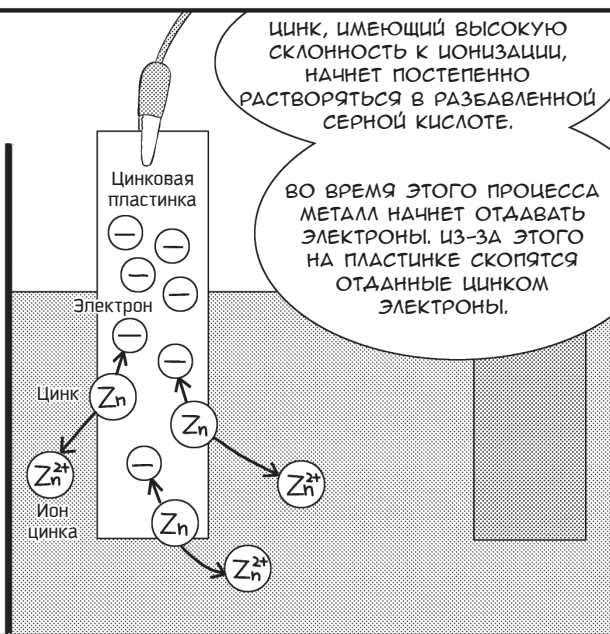
ХМММ...

КОГДА МЫ ОПУСТИМ  
МЕТАЛЛЫ В РАСТВОР, ОНИ  
НАЧНУТ ОДАВАТЬ ЭЛЕКТРОНЫ  
И ПРЕВРАТЯТСЯ  
В ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ ИОНЫ,  
ПРАВИЛЬНО?

АГА.  
ДЛЯ НАЧАЛА ДАВАЙТЕ  
ПОСМОТРИМ НА ТО, ЧТО  
ПРОИСХОДИТ С ЦИНКОМ.

ЦИНК, ИМЕЮЩИЙ ВЫСОКУЮ  
СКЛОННОСТЬ К ИОНИЗАЦИИ,  
НАЧНЕТ ПОСТЕПЕННО  
РАСТВОРЯТЬСЯ В РАЗБАВЛЕННОЙ  
СЕРНОЙ КИСЛОТЕ.

ВО ВРЕМЯ ЭТОГО ПРОЦЕССА  
МЕТАЛЛ НАЧНЕТ ОДАВАТЬ  
ЭЛЕКТРОНЫ. ИЗ-ЗА ЭТОГО  
НА ПЛАСТИНКЕ СКОПЯТСЯ  
ОДААННЫЕ ЦИНКОМ  
ЭЛЕКТРОНЫ.



ВЫХОДИТ, ЧТО ЦИНК  
РАСТВОРЯЕТСЯ, ОДАВАЯ  
ЭЛЕКТРОНЫ И ПРЕВРАЩАЯСЬ  
В ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ ИОНЫ.

И ПОЭТОМУ  
ЦИНКОВАЯ  
ПЛАСТИНКА,

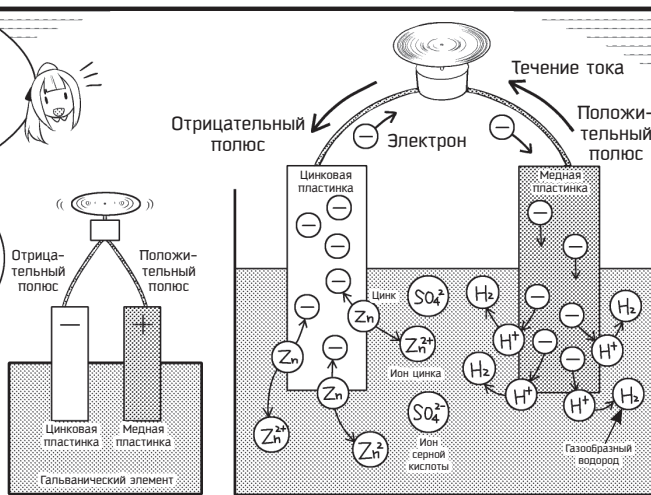
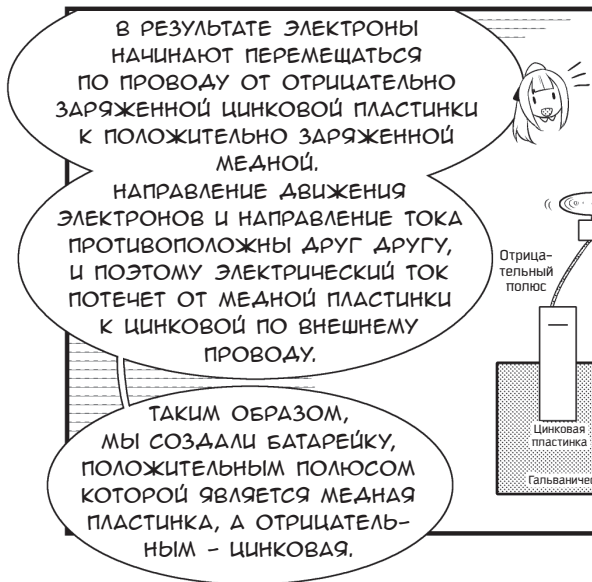
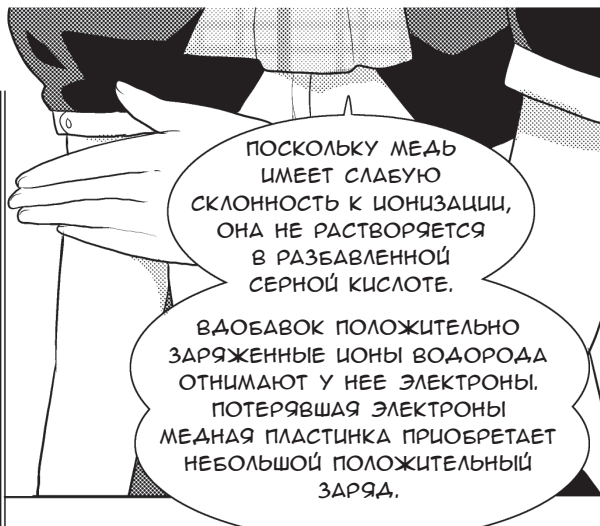
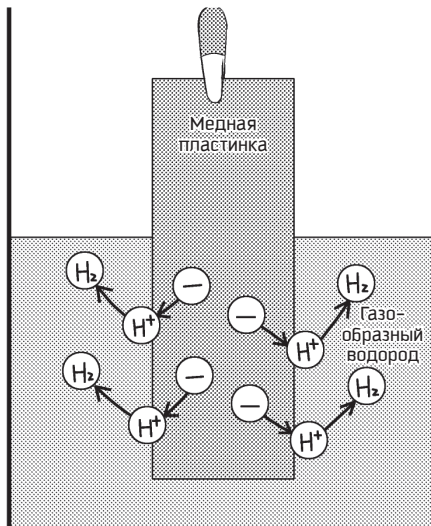
НА КОТОРОЙ  
СКАПЛИВАЮТСЯ  
ЭЛЕКТРОНЫ,  
ПОЛУЧАЕТ  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ  
ЗАРЯД.

ЯСНО, А ЧТО ПРОИСХОДИТ  
С МЕДНОЙ ПЛАСТИНКОЙ,  
У КОТОРОЙ СЛАБАЯ  
СКЛОННОСТЬ  
К ИОНИЗАЦИИ?

ХОРОШИЙ  
ВОПРОС.

ТЕПЕРЬ ДАВАЙТЕ  
ПОСМОТРИМ НА ТО,  
ЧТО ПРОИСХОДИТ  
С МЕДНОЙ  
ПЛАСТИНКОЙ.





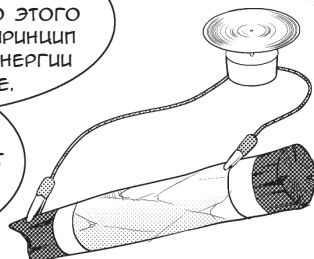
ИМЕННО  
ТАКОЕ УСТРОЙСТВО  
У БАТАРЕИ,  
ПРИДУМАННОЙ  
ВОЛЬТОЙ,

И У ОБЫЧНЫХ  
ХИМИЧЕСКИХ БАТАРЕЕК,  
КОТОРЫЕ МЫ ИСПОЛЬЗУЕМ  
В ПОВСЕДНЕВНОЙ  
ЖИЗНИ.



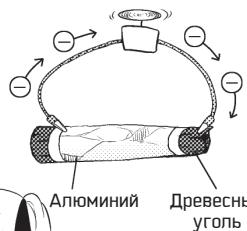
И У БАТАРЕЙКИ ИЗ ДРЕВЕСНОГО  
УГЛЯ, КОТОРУЮ МЫ ДО ЭТОГО  
СОБРАЛИ, ОСНОВНОЙ ПРИНЦИП  
ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
ТОЧНО ТАКОЙ ЖЕ.

В ДАННОМ СЛУЧАЕ  
РОЛЬ ЦИНКА ИСПОЛНЯЕТ  
АЛЮМИНЦЕВАЯ  
ФОЛЬГА.



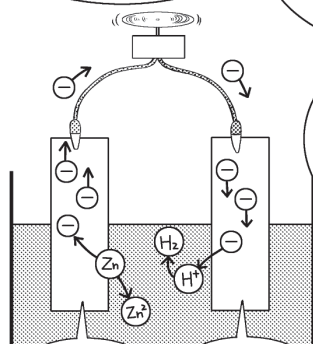
См. стр. 22.

ВЫ ИМЕЕТЕ В ВИДУ,  
ЧТО ПО МЕДАНУМУ  
ПРОВОДУ ЭЛЕКТРОНЫ  
ТЕКУТ ОТ АЛЮМИ-  
НЦЕВОЙ ФОЛЬГИ  
К ДРЕВЕСНОМУ  
УГЛЮ?



ИМЕННО!

В БАТАРЕЕ ВОЛЬТА  
ОТРИЦАТЕЛЬНО  
ЗАРЯЖЕННЫЙ ЦИНК  
ТЕРЯЕТ ЭЛЕКТРОНЫ.



Окислительная  
реакция

Восстано-  
вительная реакция

ХИМИЧЕСКИЕ  
РЕАКЦИИ, ВО ВРЕМЯ  
КОТОРЫХ ВЕЩЕСТВО  
ТЕРЯЕТ ЭЛЕКТРОНЫ,  
НАЗЫВАЮТСЯ  
ОКИСЛИТЕЛЬНЫМИ  
РЕАКЦИЯМИ.

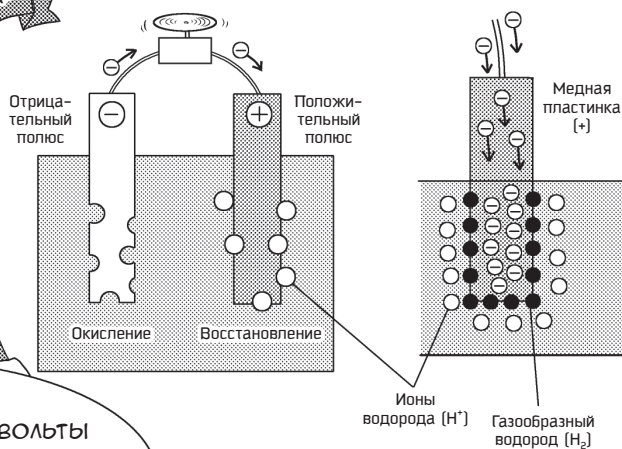
С ДРУГОЙ СТОРОНЫ,  
ЕСТЬ РЕАКЦИИ ВОССТАНО-  
ВЛЕНИЯ, КАК В СЛУЧАЕ ИОНОВ  
ВОДОРОДА, КОТОРЫЕ  
ПРИОБРЕТАЮТ ЭЛЕКТРОНЫ  
И СТАНОВЯТСЯ ВОДОРОДОМ  
У ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА.

ЗНАЧИТ, БАТАРЕЯ  
ВЫРАБАТЫВАЕТ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЗА СЧЕТ  
ДВУХ ХИМИЧЕСКИХ  
РЕАКЦИЙ: ОКИСЛЕНИЯ  
И ВОССТАНОВЛЕНИЯ,  
ДА?



ВСЕ ИМЕННО ТАК.

Обобщим



БЛАГОДАРЯ ОТКРЫТИЮ ВОЛЬТЫ  
ПОЛУЧИЛИ РАЗВИТИЕ ТАКИЕ ОТРАСЛИ  
НАУКИ, КАК ЭЛЕКТРОХИМИЯ  
И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.

ну,

РАЗ МЫ ЗАКОНЧИЛИ  
ГОВОРИТЬ О БАТАРЕЕ  
ВОЛЬТА, ДАВАЙТЕ  
ВЕРНЕМСЯ К РАЗГОВОРУ  
ОБ ИСТОРИИ БАТАРЕЙ.

О, ТАК ВСЕ  
ЭТО ВРЕМЯ МЫ  
ГОВОРИЛИ  
ОБ ИСТОРИИ  
БАТАРЕЙ?

1867 ГОД\*,  
ФРАНЦУЗ ЖОРЖ ЛЕКЛАНШЕ  
СОБРАЛ УДИВИТЕЛЬНУЮ БАТАРЕЮ,  
НА ОСНОВЕ КОТОРОЙ РАБОТАЮТ  
СОВРЕМЕННЫЕ МАРГАНЦЕВО-  
ЦИНКОВЫЕ БАТАРЕЙКИ.

ЭЛЕМЕНТ ЛЕКЛАНШЕ.



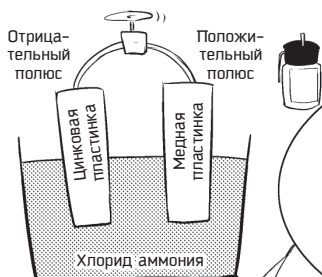
\* Есть мнение, что это произошло в 1868 году.





И ЧТО В НЕМ  
УДИВИТЕЛЬНОГО?

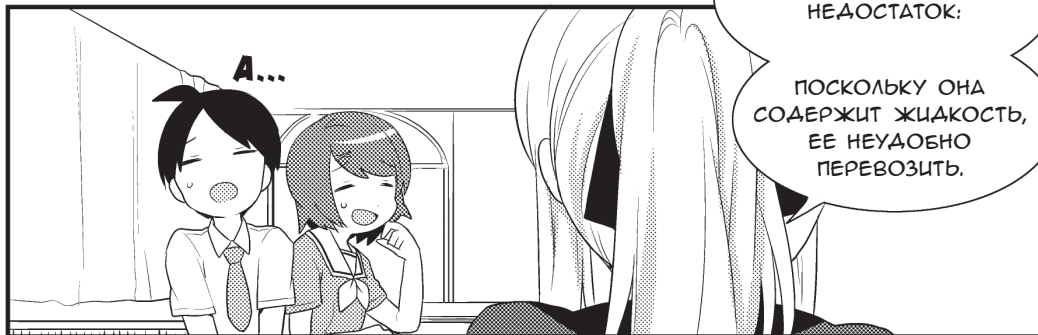
Лекните...



Газообразный  
водород  
Эффект  
поляризации  
Долгая жизнь

В ЭТОЙ БАТАРЕЕ  
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ПОЛЮСОМ  
ЯВЛЯЕТСЯ ДИОКСИД МАРГАНЦА,  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ - ЦИНКОВАЯ  
ПЛАСТИНКА, А РОЛЬ  
ЭЛЕКТРОЛИТА ИГРАЕТ РАСТВОР  
ХЛОРИДА АММОНИЯ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

В ОТЛИЧИЕ  
ОТ ВОЛЬТОВА СТОЛБА,  
ЭТА БАТАРЕЯ НЕ ПРОИЗВОДИТ  
ГАЗООБРАЗНЫЙ ВОДОРОД,  
И В НЕЙ НЕ ПРОИСХОДИТ  
ПОЛЯРИЗАЦИЯ, В РЕЗУЛЬТАТЕ  
ЧЕГО ЕЕ МОЖНО  
ИСПОЛЬЗОВАТЬ  
ДОЛЬШЕ.



А...

У НЕЕ ЕСТЬ  
НЕДОСТАТОК:

ПОСКОЛЬКУ ОНА  
СОДЕРЖИТ ЖИАКОСТЬ,  
ЕЕ НЕУДОБНО  
ПЕРЕВОЗИТЬ.



НО ЕСЛИ ТАМ ВНУТРИ  
ЖИАКОСТЬ, ТО БАТАРЕЯ  
ДОЛЖНА БЫТЬ ТЯЖЕЛОЙ.  
И КРОМЕ ТОГО, А ВАРУГ  
ЖИАКОСТЬ ВЫЛЬЕТСЯ?  
НЕУДОБНО.

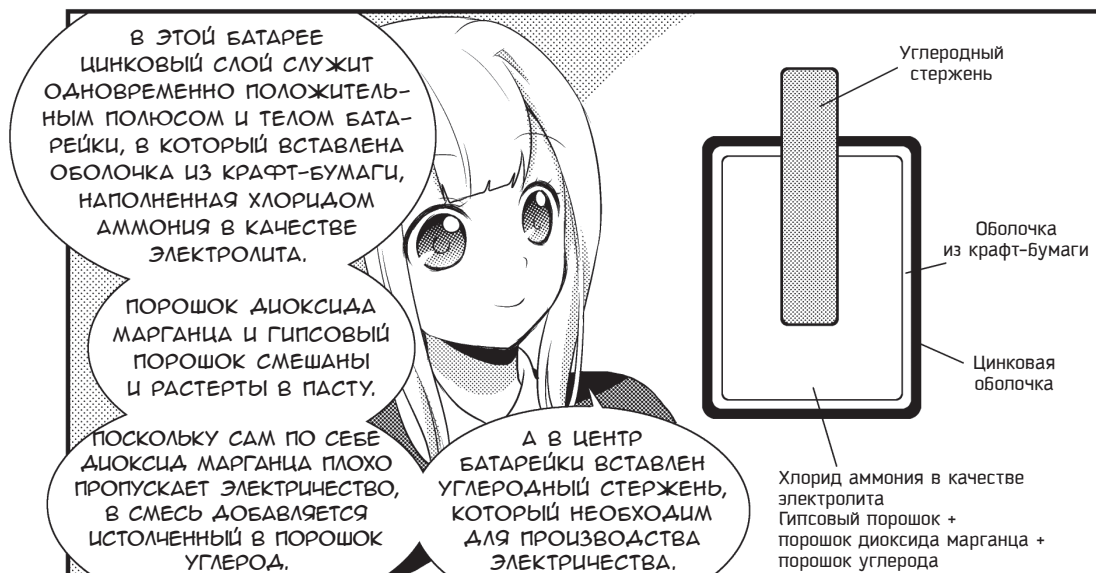
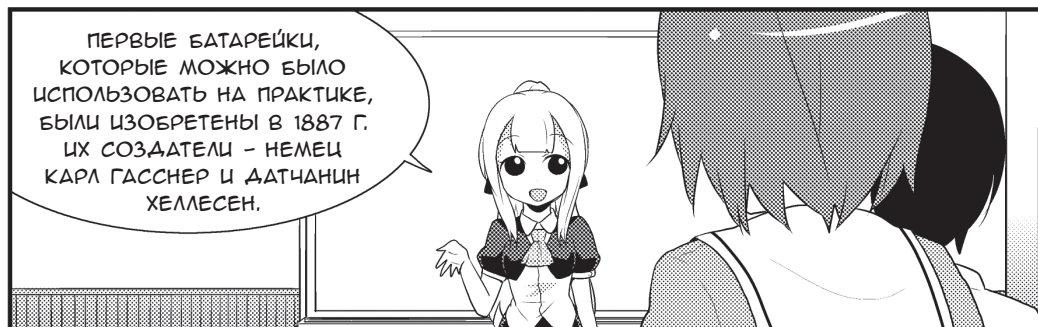
УТИ...



ВНЕЗАПНО

И ТУТ НА СЦЕНЕ  
ПОЯВЛЯЮТСЯ  
БАТАРЕЙКИ.

В БАТАРЕЙКАХ МАЛО  
ЖИАКОСТИ, ПОЭТОМУ  
ОНИ НАЗЫВАЮТСЯ  
СУХИМИ БАТАРЕЯМИ.





У БАТАРЕЕК ЯИ  
БЫЛА ПРОБЛЕМА –  
ВЫТЕКАЛ ЭЛЕКТРОЛИТ.  
ЧТОБЫ РЕШИТЬ ЕЕ, ОН  
ПРИДУМАЛ ВЫВАРИВАТЬ  
УГЛЕРОДНЫЕ СТЕРЖНИ  
В ПАРАФИНЕ.

В 1889 ГОДУ  
ОН ЗАКОНЧИЛ РАБОТУ  
НАД ПРОТОТИПОМ,  
А В 1893-М –  
ЗАРЕГИСТРИРОВАЛ  
ПАТЕНТ.



ЭТИ БАТАРЕЙКИ  
СЫГРАЛИ ОГРОМННУЮ  
РОЛЬ ВО ВРЕМЯ  
ЯПОНО-КИТАЙСКОЙ  
ВОЙНЫ (1894 ГОД): ОНИ  
РАБОТАЛИ В АППАРАТАХ  
ДЛЯ СВЯЗИ.



ВЫХОДИТ, ЧТО ДАЖЕ  
У БАТАРЕЕК, КОТОРЫЕ  
МЫ ИСПОЛЬЗУЕМ  
КАК НЕЧТО САМО СОБОЙ  
РАЗУМЕЮЩЕЕСЯ, ЕСТЬ  
СВОЯ ИСТОРИЯ!

ТАК И ЕСТЬ.  
ПОСТЕПЕННО,  
БЛАГОДАРЯ ТРУДУ  
И ЗНАНИЯМ РАЗНЫХ  
ЛЮДЕЙ, ПОЛУЧИЛАСЬ  
ТАКАЯ ПОЛЕЗНАЯ  
ВЕЩЬ!



ПОСЛЕ ЭТОГО  
В БАТАРЕЙКАХ В КАЧЕСТВЕ  
ЭЛЕКТРОЛИТА НАЧАЛИ  
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ХЛОРИД ЦИНКА  
( $ZnCl_2$ ) ВМЕСТО ХЛОРИДА  
АММОНИЯ ( $NH_4Cl$ ), В РЕЗУЛЬТАТЕ  
ЧЕГО ПРОПАЛА ПРОБЛЕМА  
ПРОТЕЧЕК.

ТАКИМ ЖЕ ОБРАЗОМ  
ПРИРОДНЫЙ ДИОКСИД МАРГАНЦА  
( $MnO_2$ ) БЫЛ ЗАМЕНЕН НА ПОЛУЧЕН-  
НЫЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА.  
И БЛАГОДАРЯ ПОСТЕПЕННЫМ УЛУЧШЕ-  
НИЯМ УЧЕНЫЕ СМОГЛИ СОЗДАТЬ  
ПЕРВУЮ В МИРЕ БАТАРЕЙКУ  
ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА.

Изображение взято с сайта Ассоциации батарей Японии: <http://www.baj.or.jp/knowledge/history01.html>.  
Раздел «Информация о батареях: батарейки Яи».

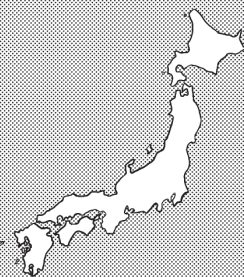




ПРИШЛОСЬ ВНЕСТИ  
ТАК МНОГО  
ИЗМЕНЕНИЙ  
В УСТРОЙСТВО  
БАТАРЕЙКИ?

АГА.

ВСЛЕД ЗА ЭТИМ ОДНА  
ЗА ДРУГОЙ В ПРОИЗВОДСТВО  
НАЧАЛИ ПОСТУПАТЬ ЩЕЛОЧНЫЕ  
И ВОЗДУШНО-ЦИНКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ,  
СЕРЕБРЯНО-ЦИНКОВЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ И ЕЩЕ МНОГО  
ДРУГИХ ВИДОВ БАТАРЕЙ.



В 1976 ГОДУ  
В ЯПОНИИ ВПЕРВЫЕ ЗАПУСТИЛИ  
ПРОИЗВОДСТВО ЛИТИЕВЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ.  
А ЗАТЕМ В 1991 ГОДУ ЯПОНСКИЕ  
УЧЕНЫЕ НАКОНЕЦ-ТО ПРИДУМАЛИ  
СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА  
МАРГАНЦЕВЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,  
ПРИ КОТОРОМ НЕ ИСПОЛЬЗОВАЛАСЬ РТУТЬ,  
ДО ЭТОГО БЫВШАЯ ИХ НЕОТЪЕМЛЕМЫМ  
КОМПОНЕНТОМ. ТАКИМ ОБРАЗОМ,  
ОНИ ПРИВЕЛИ ЯПОНИЮ К СТАТУСУ  
УСПЕШНОЙ И ПЕРЕДОВОЙ СТРАНЫ.

А ВТОРИЧНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ, КОТОРЫЕ  
МОЖНО ПЕРЕЗАРЯЖАТЬ,  
БЫЛИ ИЗОБРЕТЕННЫ  
В 1859 ГОДУ ВО ФРАНЦИИ.  
ИХ СОЗДАТЕЛЬ -  
ГАСТОН ПЛАНТЕ.



В СОВРЕМЕННОЙ  
ЖИЗНИ ЭТОТ ВИД  
БАТАРЕЙ СОВЕРШЕННО  
НЕЗАМЕЦЕН,  
СОГЛАСНЫ?



ЧТО БЫ МЫ ДЕЛАЛИ,  
ЕСЛИ БЫ НЕ МОГЛИ  
ПЕРЕЗАРЯЖАТЬ СОТОВЫЕ  
ТЕЛЕФОНЫ?

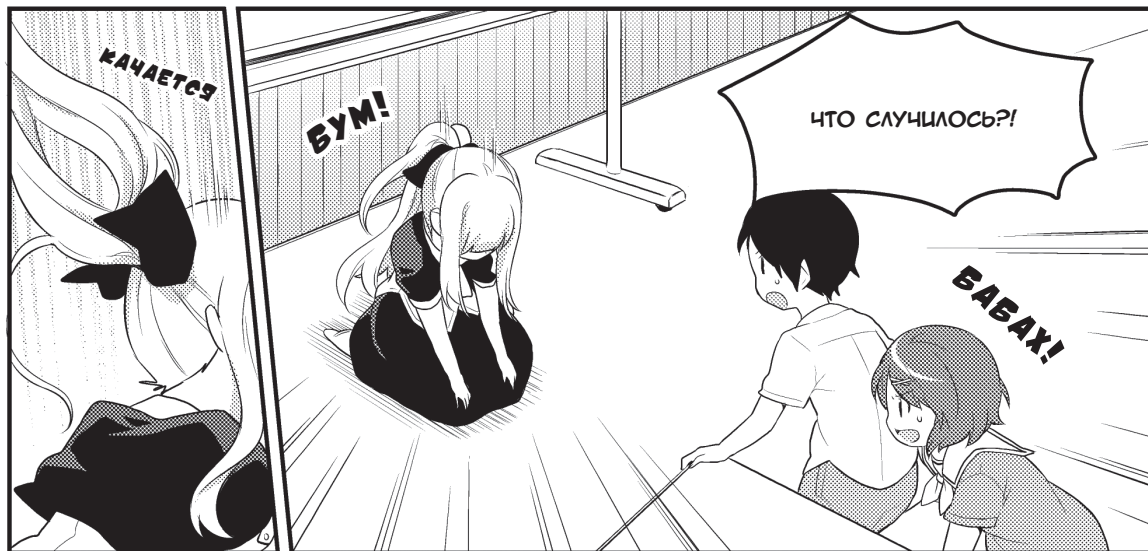
В СМЫСЛЕ?













# ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

## Как безопасно использовать батареи?

В батареях используются различные опасные для человека при контакте вещества, например щелочной раствор. При неправильном использовании батарея может быть повреждена, что может привести к вытеканию жидкости, выделению тепла и возникновению пожара. Поэтому важно соблюдать следующие правила.

**1. Использовать положительный («плюс») и отрицательный («минус») полюса батареи в надлежащем порядке.**

Если прибор использует несколько батарей и одна из них вставлена наоборот, то есть у нее перепутаны местами «плюс» и «минус», то прибор все равно может работать, однако эта батарея будет заряжаться и перезаряжаться, вследствие чего может сильно повыситься температура и протечь жидкость. Это опасно.

**2. Не допускать внешнее короткое замыкание.**

Опасно подсоединять батарею напрямую к электросети. Еще опасно носить не вставленную в прибор батарею, например, в сумке, где она может контактировать с металлом, например со шпильками, ключами, монетами или украшениями. В таких случаях из-за большого количества поступающего тока батарея может перегреться, сломаться, из нее может вытечь жидкость, и может возникнуть пожар. Если необходимо перенести куда-либо батарею, то следует закрыть ее положительный и отрицательный полюса изолентой.

**3. При использовании или замене нескольких батарей в одном приборе постарайтесь пользоваться как можно более новыми батареями одной марки.**

При использовании батарей разных типов (например, марганцевых и щелочных), или одного типа, но разных марок, или при смешивании старых и новых батарей, у какой-то из них будет меньшая емкость, и такая батарея быстрее разрядится. В таком случае может произойти перегрев, электролиз электролита, вздутие батареи из-за образования газа и ее протечка.



4. **Если батарея разрядилась и прибор перестал работать, то следует как можно скорее вынуть использованные батареи и заменить их на новые.**

Если оставить надолго в приборе использованную батарею, то она может протечь. И тогда клеммы прибора подвергнутся коррозии, и сам прибор будет поврежден. Если прибор не планируется использовать в течение долгого времени, следует вынуть из него батареи.

5. **Не нагревайте батареи, не бросайте их в огонь и не паяйте их напрямую.**

В таких случаях батареи могут вздуться, протечь, взорваться, а литиевые батареи могут воспламениться.

6. **Не заряжайте первичные батареи.**

В первичных батареях используются активные вещества с такой атомной структурой, что они не могут заряжаться. И у первичных батарей не предусмотрен, например, вывод газа, как у вторичных батарей. Поэтому если попытаться зарядить первичную батарею, она вздуется, может протечь, нагреться, взорваться и воспламениться. Особенно опасно заряжать первичные литиевые батареи.

7. **Не разбирайте, не деформируйте и не переделывайте батареи.**

В ряде батарей используются опасные для контакта с кожей вещества, например щелочные жидкости. Поэтому если батарею разобрать, или бросить с высокой точки вниз, или раздавить, то это может привести к вытеканию жидкости или взрыву батареи. А если попытаться разобрать вторичную батарею сразу после ее подзарядки, то она может воспламениться.

8. **Не оставляйте батареи в местах, где их могут достать маленькие дети.**

Существует опасность того, что дети могут проглотить маленькие батарейки, вроде пуговичных батарей. Если такое случилось, необходимо немедленно проконсультироваться с врачом. Также следует принимать во внимание, что маленькие дети могут вытащить батарейки из приборов.

9. **Если прибор долго не используется, следует вынуть из него батареи.**

Не используемые в течение долгого времени батареи разряжаются, емкость их постепенно уменьшается, и это может стать причиной протечки.

10. **Обязательно выключайте приборы после использования.**

Если оставить прибор включенным, то батарея может полностью разрядиться, а в таком случае она может легко протечь.

**11. При хранении батарей избегайте мест с высокой температурой и высокой влажностью.**

Батарея разряжается, ее емкость падает, а из-за конденсации на поверхности клемм образуется коррозия, что ухудшает контакт при установке батареи в прибор. Батарею следует завернуть, например, в полиэтиленовый пакет и хранить в прохладном темном месте (например, в холодильнике, но не в морозилке).

**12. Не следует использовать первичные батареи после истечения указанного срока годности.**

В течение указанного срока годности качества батареи гарантируются JIS (Японские промышленные стандарты).

## Как выбрасывать и перерабатывать использованные батареи?

- **Первичные батареи, например марганцевые сухие, щелочные сухие, литиевые (дисковые, цилиндрические) и т. д.**

Правила сбора мусора и определение, к какой категории (перерабатываемые отходы, негорючие отходы, опасные отходы и т. д.) мусор относится, отличаются в разных муниципалитетах. Поэтому следуйте, пожалуйста, правилам вашего населенного пункта. Перед утилизацией батарей заклейте положительный (+) и отрицательный (–) полюса изолентой. Иначе при соприкосновении батарей друг с другом может возникнуть короткое замыкание и случиться возгорание, так как в батареях еще может оставаться немного заряда. Если среди утилизируемых батарей местный муниципалитет выделяет отдельно сухие батареи, то они по большей части перерабатываются разными компаниями, например Nomura Kohsan Co. или Toho Zinc Co. Прочие, не выделяемые в отдельную категорию батареи обычно безопасно утилизируются муниципалитетом в качестве негорючего мусора. Пока еще не был найден рациональный способ использования материалов отработанных батарей, чтобы он одновременно удовлетворял условиям минимального воздействия на окружающую среду, эффективного использования ресурсов, минимального потребления энергии и экономической эффективности. В настоящее время этот вопрос исследуется в разных странах.

- **Пуговичные батареи**

Для утилизации использованных щелочных, серебряно-оксидных и воздушно-цинковых пуговичных батарей следует заклеить плюсовой и минусовой полюса изолентой и отнести эти батареи в магазины электротехники, часовые магазины, магазины с фотокамерами и т. д., где их следует положить в специальный контейнер для сборки пуговичных батарей.

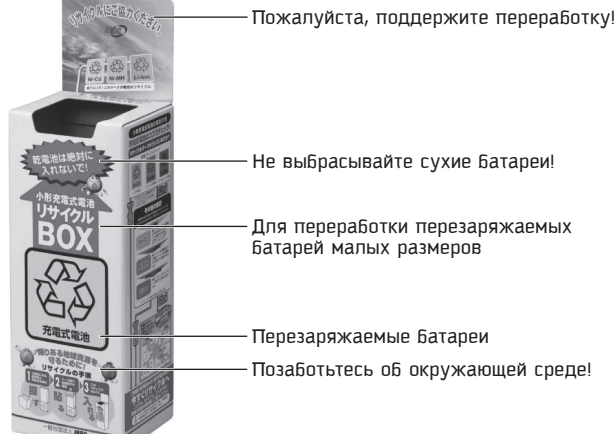
Исключением являются дисковые литиевые батареи (CR или BR), для утилизации которых, как и в случае с сухими батареями, надо следовать правилам переработки мусора конкретного населенного пункта. Собранные, например, в магазинах бытовой техники использованные батареи отправляются на переработку.

- **Вторичные батареи малых размеров**

Во вторичных перезаряжаемых батареях малых форм используются полезные металлы, например никель, кобальт, кадмий, свинец. Поэтому вышедшие из употребления батареи идут на переработку. Никель-кадмиевые, никель-водородные, литиево-ионные и малые свинцово-кислотные вторичные батареи



Контейнеры для переработки промаркированы соответствующим образом.



### ● Автомобильные аккумуляторы (свинцово-кислотные батареи)

В свинцово-кислотных аккумуляторах, которые используются в автомобилях, содержится токсичный для человека свинец. Поэтому на основании закона установлен метод замены, по которому магазины, продающие аккумуляторы, обязаны бесплатно принимать их на переработку и заменять. Производители батарей принимают на замену использованные автомобильные аккумуляторы и отправляют их на переработку, как показано на рис. 1.3.

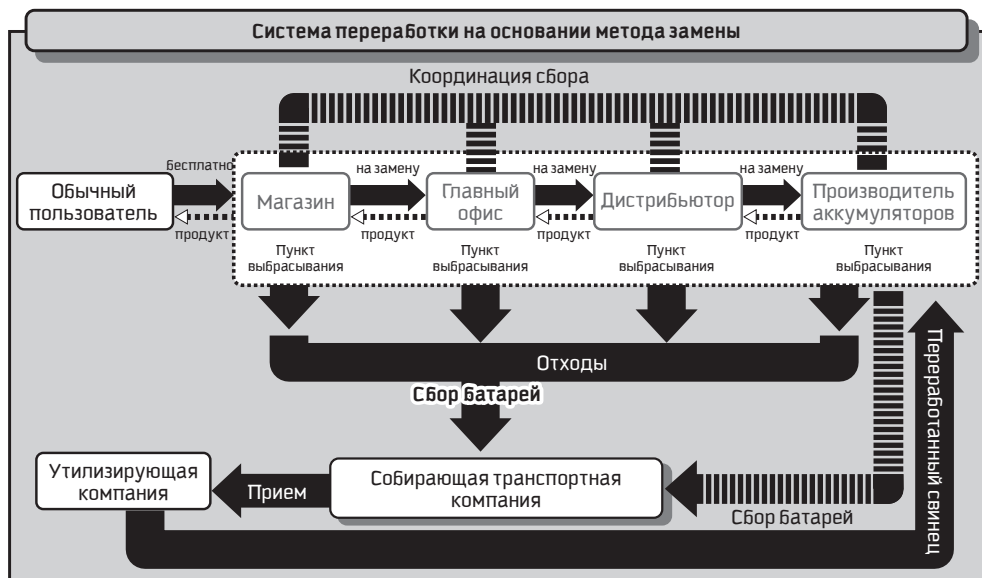


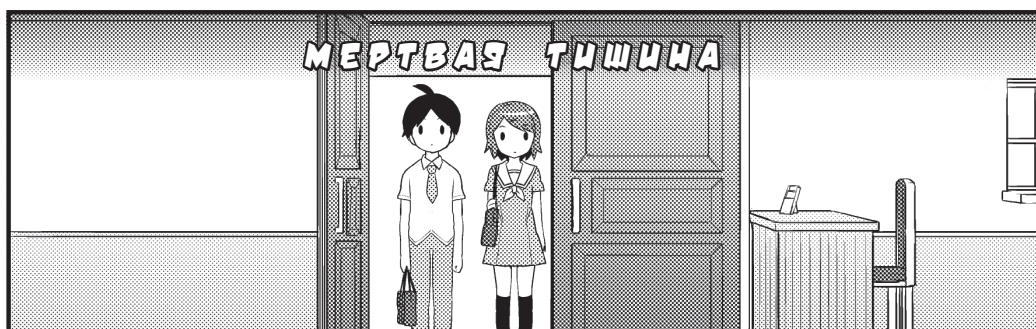
Рис. 1.3. Система переработки на основании метода замены  
(источник: Ассоциация производителей батарей)

Взято с сайта Ассоциации производителей батарей (<http://www.baj.or.jp/safety/safety01.html>).

## ГЛАВА 2

# ПЕРВИЧНЫЕ БАТАРЕИ

## 2.1. ЧТО ТАКОЕ ПЕРВИЧНЫЕ БАТАРЕИ







НО ВСЕ  
БЕЗ ТОЛКУ...

ОСОБЕННО ЛЕТОМ:  
ОДНОМУ ЧЕЛОВЕКУ  
С ЭТИМИ ЗАРОСЛЯМИ  
НЕ СПРАВИТЬСЯ.

ВЫ ОПЯТЬ ВАВОЕМ  
ПРИШЛИ К НАМ.

Я ТАК РАДА!

ВЫ ТАК ИНТЕРЕСНО  
РАССКАЗЫВАЛИ ПРО  
БАТАРЕИ, ЧТО МНЕ  
ЗАХОТЕЛОСЬ УСЛЫШАТЬ  
ПРОДОЛЖЕНИЕ!

АГА, МНЕ ТОЖЕ СТАЛО  
НЕМНОГО ЛЮБОПЫТНО.

ХИ-ХИ!

ТАК МИЛО,  
ЧТО ВЫ ПРИШЛИ.  
ТОГДА ДАВАЙТЕ  
ПРОДОЛЖИМ  
ОБСУЖДАТЬ  
БАТАРЕИ!



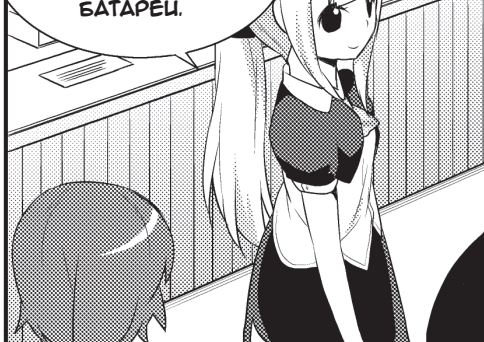
ЭКСПОЗИЦИЯ

В ПРОШЛЫЙ РАЗ  
Я РАССКАЗАЛА ВАМ  
ПРО ВИДЫ БАТАРЕЙ,  
ДА?

ТЫ ПРАВА.  
НУ, ТОГДА  
ДАВАЙТЕ  
СЕГОДНЯ  
ПОГОВОРИМ  
ПРО ОДИН ИЗ ВИДОВ  
ХИМИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ –  
ПЕРВИЧНЫЕ  
БАТАРЕИ.



ЭМММ,  
КАЖЕТСЯ, БЫВАЮТ  
ХИМИЧЕСКИЕ  
И ФИЗИЧЕСКИЕ  
ИСТОЧНИКИ  
ТОКА...



ХММ, ПЕРВИЧНЫМИ  
БАТАРЕЯМИ  
НАЗЫВАЮТСЯ БАТАРЕИ,  
КОТОРЫЕ МОЖНО  
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ВСЕГО  
ОДИН РАЗ, ДА?

ТОЧНО-ТОЧНО,  
ЭТО БАТАРЕИ, КОТОРЫЕ  
НЕВОЗМОЖНО  
ЗАРЯДИТЬ.



КАК ВЫ ХОРОШО  
ВСЕ ЗАПОМНИЛИ!  
СУСУМУ, ЮРИ,  
ВЫ СОВЕРШЕННО  
ПРАВЫ.

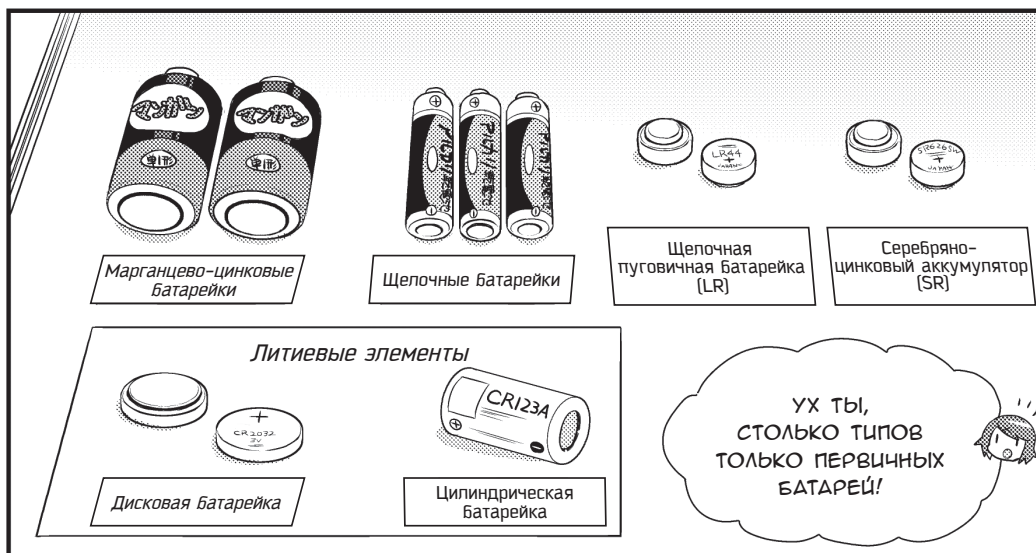
КАК ВЫ И СКАЗАЛИ,  
БАТАРЕИ ТИПА МАРГАНЦЕВО-  
ЦИНКОВЫХ ИЛИ ЩЕЛОЧНЫХ,  
КОТОРЫЕ ПОСЛЕ РАЗРЯДКИ  
НЕВОЗМОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ  
ВО ВТОРОЙ РАЗ, НАЗЫВАЮТСЯ  
ПЕРВИЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ.

После разрядки невозможно  
использовать во второй раз

**Первичные  
батареи**

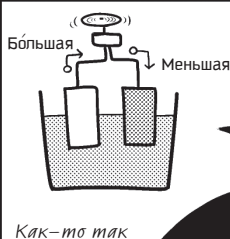
## 2.2. ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПЕРВИЧНЫХ БАТАРЕЙ

ЕСТЬ МНОЖЕСТВО ВИДОВ ПЕРВИЧНЫХ БАТАРЕЙ.





В ПРОШЛЫЙ РАЗ МЫ  
С ВАМИ ВКРАТЦЕ ОБСУДИЛИ  
УСТРОЙСТВО БАТАРЕЙ,  
ПОМНИТЕ?



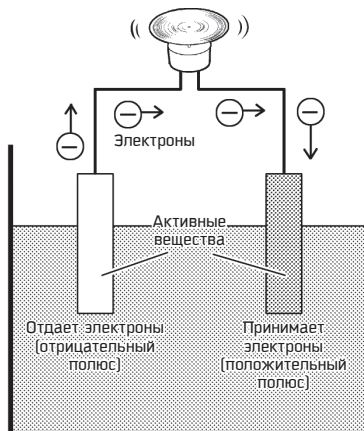
НАДО ОПУСТИТЬ ДВА  
МЕТАЛЛА С РАЗНОЙ  
СКЛОННОСТЬЮ К ИОНИЗАЦИИ  
В РАСТВОР ЭЛЕКТРОЛИТА.

И ТОГДА  
ЭЛЕКТРОНЫ НАЧНУТ  
ПЕРЕДВИГАТЬСЯ  
ОТ МЕТАЛЛА С БОЛЬШЕЙ  
СКЛОННОСТЬЮ  
К ИОНИЗАЦИИ К МЕТАЛЛУ  
С МЕНЬШЕЙ.

ТАК, ДА?

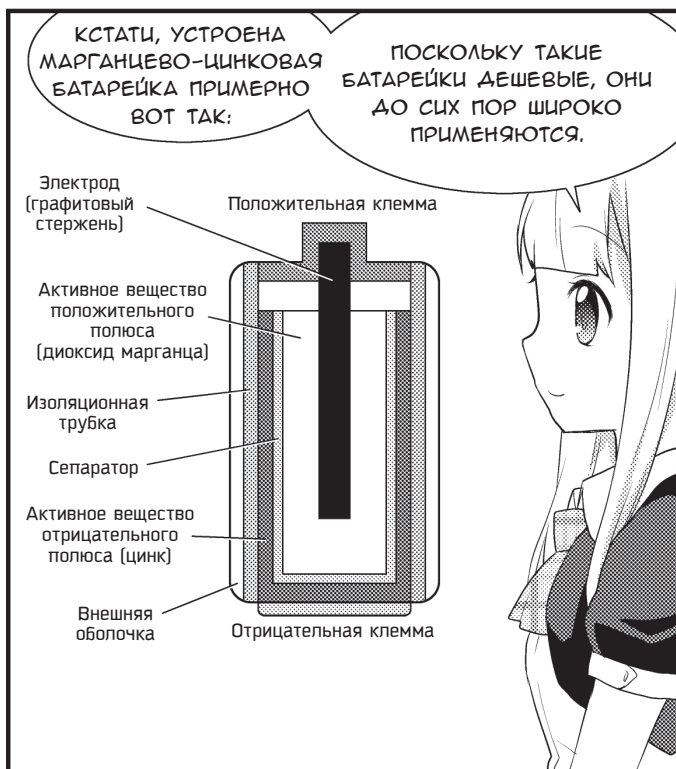
УГУ-УГУ!  
ВЕЩЕСТВА, КОТОРЫЕ  
ОДАЮТ И ПРИНИМАЮТ  
ЭЛЕКТРОНЫ,  
НАЗЫВАЮТСЯ  
АКТИВНЫМИ  
ВЕЩЕСТВАМИ.

В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ТОГО, КАКОЕ БЫЛО  
ИСПОЛЬЗОВАНО АКТИВНОЕ  
ВЕЩЕСТВО, СВОЙСТВА  
БАТАРЕИ БУДУТ  
МЕНЯТЬСЯ.



КСТАТИ,  
БАТАРЕИ ЧАСТО  
НАЗЫВАЮТ ПО ИМЕНИ  
ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ,  
КОТОРЫЕ БЫЛИ  
ИСПОЛЬЗОВАНЫ ПРИ  
ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ.







ХМ,  
А КАК С ПОМОЩЬЮ  
ЭТОЙ БАТАРЕЙКИ  
ДОБИВАЕТСЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?



Сепаратор

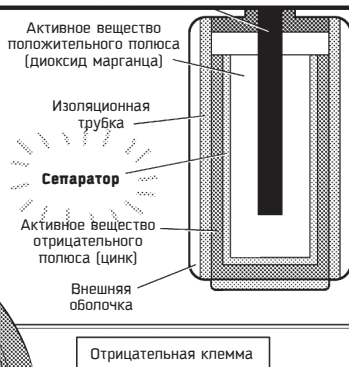
АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА -  
ЦИНК, НАЧИНАЕТ РАСТВОРЯТСЯ  
В ЭЛЕКТРОЛИТЕ, НО...

ВШАТЕ  
СЕПАРАТОР?



О, АА.

ОН ПОХОЖ  
НА СТЕНКУ МЕЖДУ  
АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО  
И ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСОВ.



ЭТО СЕПАРАТОР.  
ЕГО ДЕЛАЮТ  
ИЗ КРАФТ-БУМАГИ И  
ДРУГИХ МАТЕРИАЛОВ.

ИОНЫ МОГУТ  
ПРОНИКАТЬ СКВОЗЬ  
СЕПАРАТОР.

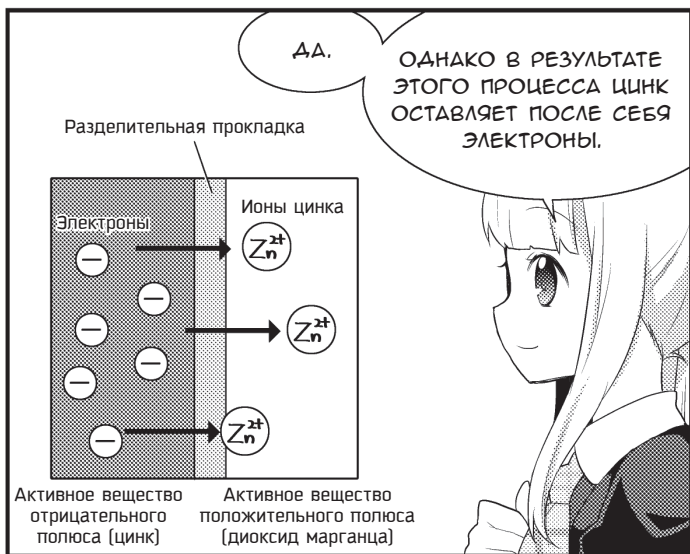


ИНЫМИ СЛОВАМИ, ЦИНК,  
КОТОРЫЙ ЯВЛЯЕТСЯ  
АКТИВНЫМ ВЕЩЕСТВОМ  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА,  
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ИОНЫ.

ЭТИ ИОНЫ ПРОНИКАЮТ  
ЧЕРЕЗ СЕПАРАТОР И  
ПОСТЕПЕННО РАСТВОРЯЮТСЯ  
В ЭЛЕКТРОЛИТЕ, КОТОРЫЙ  
НАХОДИТСЯ  
НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ  
ПОЛЮСЕ, ДА?

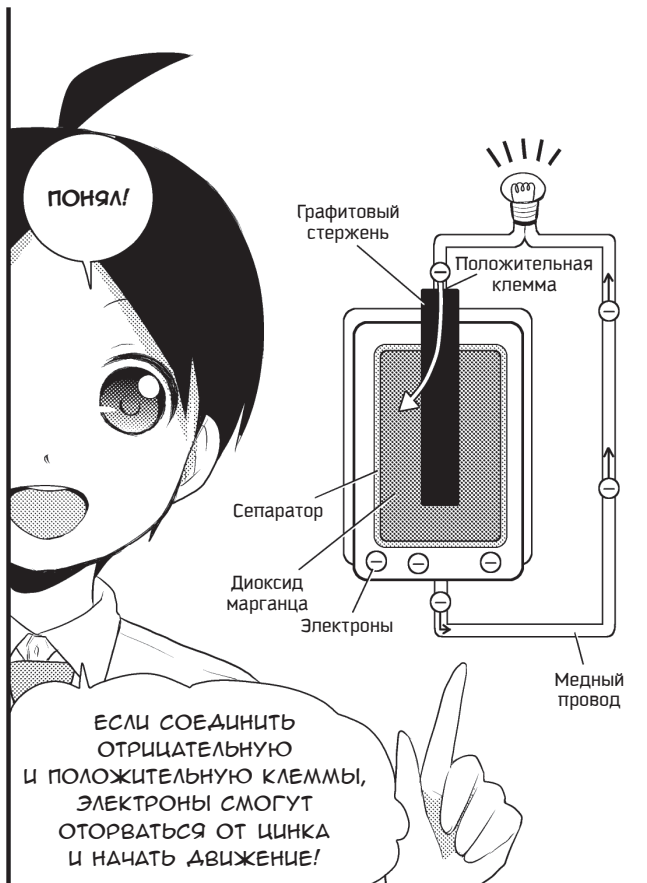
Ионы цинка

Проникает

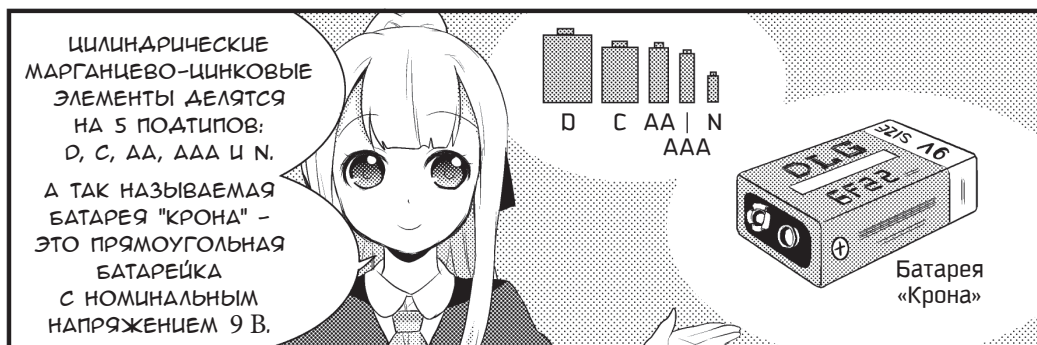
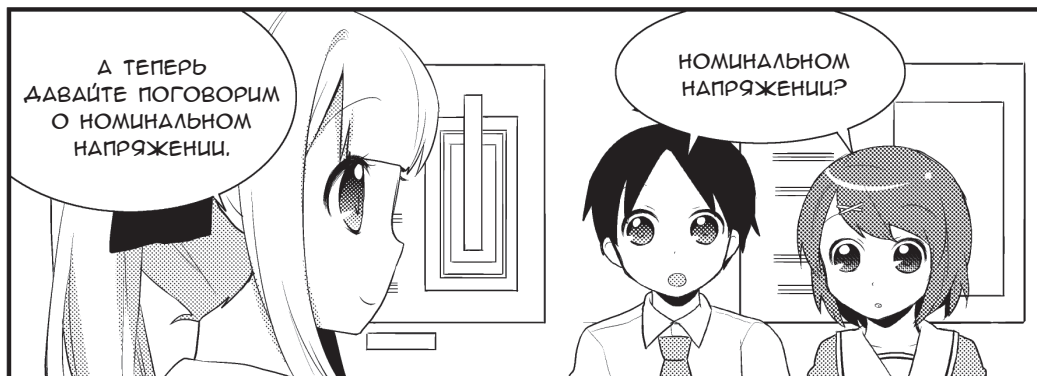


АА.

ОДНАКО В РЕЗУЛЬТАТЕ  
ЭТОГО ПРОЦЕССА ЦИНК  
ОСТАВЛЯЕТ ПОСЛЕ СЕБЯ  
ЭЛЕКТРОНЫ.







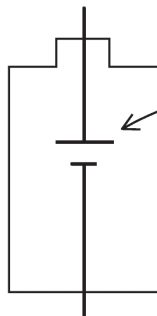


А В ЯПОНИИ  
БАТАРЕЙКИ ОТ D ПО N  
МАРКИРУЮТСЯ ЦИФРАМИ  
ОТ 1 ПО 5.

А БАТАРЕЯ "КРОНА"  
НАЗЫВАЕТСЯ 006P.

БАТАРЕЙКИ  
С D ПО N -  
ЭТО ОДИНОЧНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ.

ОДИНОЧНЫЕ?



В схеме содержится  
один элемент в 1,5 В

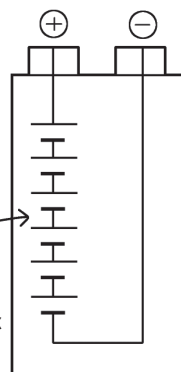
ЭТО ЗНАЧИТ,  
ЧТО В ЧЕМ-ТО  
СОДЕРЖИТСЯ ВСЕГО  
ОДИН ЭЛЕМЕНТ (CELL).

СРАВНИТЕ ЭТО  
С БАТАРЕЕЙ "КРОНА",  
КОТОРАЯ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ  
ШЕСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО  
СОЕДИНЕННЫХ ОДИНОЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ.

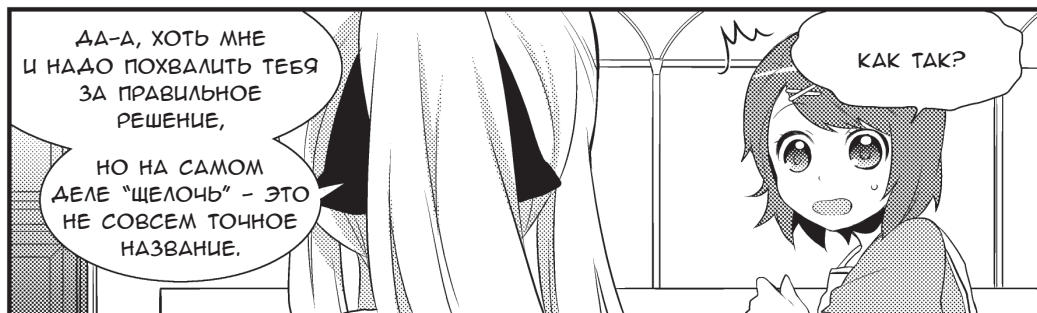
БЛАГОДАРЯ  
ТАКОМУ УСТРОЙСТВУ  
ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ  
НАПРЯЖЕНИЕ  
И СОСТАВЛЯЕТ 9 В.

Батарея  
«Крона»

Батарея содержит  
шесть последовательно  
соединенных одиночных  
элементов по 1,5 В



ПОНЯТНО!



В ЩЕЛОЧНЫХ БАТАРЕЙКАХ В КАЧЕСТВЕ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИСПОЛЗУЮТСЯ ДИОКСИД МАРГАНЦА И ЦИНК.

### Щелочные Батарейки

Активное вещество

Диоксид марганца  
Цинк

Электролит  
Раствор гидроксида калия

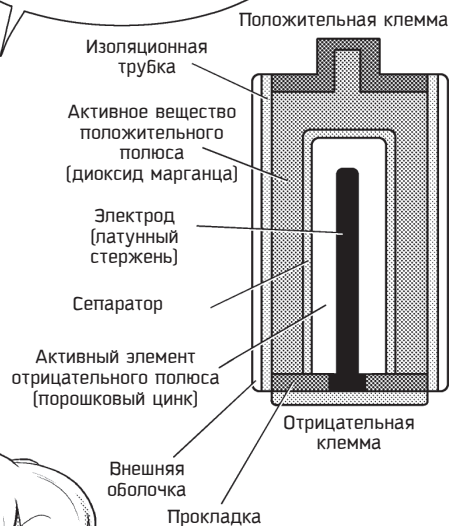
В ЭТОМ ИХ СХОДСТВО.

НО В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА ИСПОЛЗУЕТСЯ РАСТВОР ГИДРОКСИДА КАЛИЯ (KOH), КОТОРЫЙ ОТНОСИТСЯ К ЩЕЛОЧАМ.

ИМЕННО ОТ ЭЛЕКТРОЛИТА ЩЕЛОЧНЫЕ БАТАРЕЙКИ ПОЛУЧИЛИ СВОЕ НАЗВАНИЕ.

В КАЧЕСТВЕ СЕПАРАТОРА ИСПОЛЗУЮТСЯ НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА (ПВС).

НО ОТЛИЧИЯ СОСТОЯТ НЕ ТОЛЬКО В ЭЛЕКТРОЛИТЕ.



ПРИСМОТРИТЕСЬ ХОРОШЕНЬКО. ЕСЛИ В МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВОЙ БАТАРЕЙКЕ ВО ВНЕШНЕМ КОНТЕЙНЕРЕ БЫЛО АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА, ТО В ЩЕЛОЧНОЙ БАТАРЕЙКЕ В НЕЙ ОКАЗЫВАЕТСЯ АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО!

КРОМЕ ТОГО, БЛАГОДАРА ТОМУ, ЧТО ПОРОШКОВЫЙ ЦИНК ПРИВЕДЕН В ПАСТООБРАЗНУЮ ФОРМУ, ПЛОЩАДЬ РЕАКЦИИ ВОЗРАСТАЕТ, СООТВЕТСТВЕННО, ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ЗАПУСКАЕТСЯ С БОЛЬШЕЙ ЛЕГКОСТЬЮ.

БЛАГОДАРА ТАКОМУ УСТРОЙСТВУ ЩЕЛОЧНЫЕ БАТАРЕЙКИ МОГУТ ВЫРАБАТЫВАТЬ БОЛЬШЕЙ ТОК В ТЕЧЕНИЕ БОЛЬШЕГО ВРЕМЕНИ ПО СРАВНЕНИЮ С МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫМИ БАТАРЕЙКАМИ.





ТО ЕСТЬ  
МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫЕ  
И ЩЕЛОЧНЫЕ БАТАРЕЙКИ  
КАЧЕСТВЕННО ОТЛИЧАЮТСЯ?

НОМИНАЛЬНОЕ  
НАПРЯЖЕНИЕ  
В МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ  
И ЩЕЛОЧНЫХ БАТАРЕЙКАХ  
ОДИНАКОВОЕ.

ОДНАКО РАЗРЯДНАЯ  
ЕМКОСТЬ ЩЕЛОЧНЫХ  
БАТАРЕЕК ПРИМЕРНО  
В ДВА РАЗА БОЛЬШЕ.

ОНИ ТАК СИЛЬНО  
ОТЛИЧАЮТСЯ...



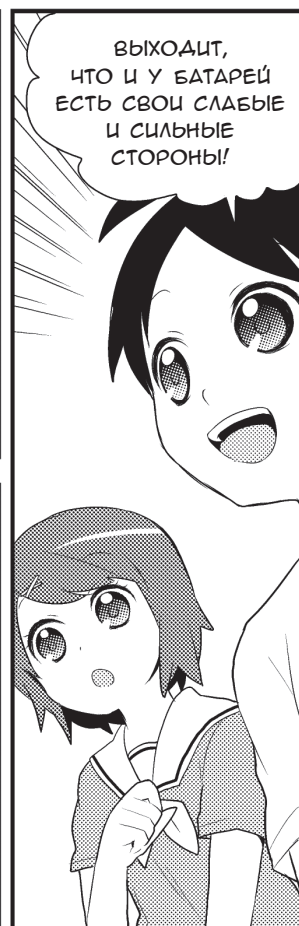
Примерно  
в два раза



ПОЭТОМУ В УСТРОЙСТВАХ,  
СОДЕРЖАЩИХ ДВИГАТЕЛИ,  
КОТОРЫЕ ПОТРЕБЛЯЮТ  
БОЛЬШОЙ ТОК, ЛУЧШЕ  
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЩЕЛОЧНЫЕ  
БАТАРЕЙКИ.

CD-плеер

Игрушка



ВЫХОДИТ,  
ЧТО И У БАТАРЕЙ  
ЕСТЬ СВОИ СЛАБЫЕ  
И СИЛЬНЫЕ  
СТОРОНЫ!



СРАВНИТЕ ЭТО  
С МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫМИ  
БАТАРЕЙКАМИ,  
ОСОБЕННОСТЬЮ КОТОРЫХ  
ЯВЛЯЕТСЯ УМЕНИЕ  
СБРАСЫВАТЬ И НАБИРАТЬ  
НАПРЯЖЕНИЕ.

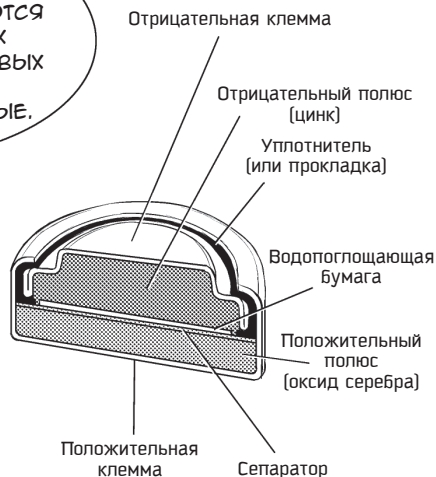
ОНИ СОЗДАНЫ  
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В ПРИБОРАХ ВРОДЕ  
КАРМАННЫХ ФОНАРИКОВ  
ИЛИ ПУЛЬТОВ, КОТОРЫЕ  
ПОТРЕБЛЯЮТ НЕБОЛЬШОЙ  
ТОК МАЛЕНЬКИМИ  
ПОРЦИЯМИ.

Карманный фонарик

Пульт

Часы





## Серебряно-цинковые батареи

У СЕРЕБРЯНО-ЦИНКОВЫХ

БАТАРЕЙ ВЫСОКАЯ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ, ПОЭТОМУ-ТО ОНИ ДОЛГО СЛУЖАТ.

ОНИ ПОДХОДЯТ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ УСТРОЙСТВ, КОТОРЫЕ ХОЧЕТСЯ ДОЛГО ИСПОЛЬЗОВАТЬ, НЕ МЕНЯЯ БАТАРЕЙКУ, НАПРИМЕР ДЛЯ НАРУЧНЫХ ЧАСОВ.

Наручные часы



Калькуляторы



Электронные  
градусники



Портативные  
игровые консоли

## Щелочные пуговичные батареи

ДЕШЕВЫЕ БАТАРЕЙКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА МАРГАНЦА, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ВМЕСТО СЕРЕБРЯНО-ЦИНКОВЫХ, НАЗЫВАЮТСЯ ПУГОВИЧНЫМИ ЩЕЛОЧНЫМИ БАТАРЕЙКАМИ.

ПОСКОЛЬКУ ОНИ ДЕШЕВЛЕ, ИХ ИСПОЛЬЗУЮТ В САМЫХ РАЗНООБРАЗНЫХ УСТРОЙСТВАХ, НАЧИНАЯ С ПОРТАТИВНЫХ ИГРОВЫХ КОНСОЛЕЙ И ЗАКАНЧИВАЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ ГРАДУСНИКАМИ И КАЛЬКУЛЯТОРАМИ.



ТО ЕСТЬ СУЩЕСТВУЕТ ВСЕГО ДВА ТИПА ПУГОВИЧНЫХ БАТАРЕЕК: СЕРЕБРЯНО-ЦИНКОВЫЕ И ЩЕЛОЧНЫЕ?

НЕ СОВСЕМ.

КРОМЕ НИХ, СУЩЕСТВУЮТ ЕЩЕ ВОЗДУШНО-ЦИНКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

Отрицательная клемма

Отрицательный полюс (цинк)

Уплотнитель

Сепаратор

Положительный полюс (полюс воздуха)

Водооталкивающая мембрана

Диффузионная мембрана

Герметизирующая наклейка

Отверстие для воздуха

Положительная клемма

ВОЗДУШНО-ЦИНКОВЫЕ?

НЕужЕЛИ В НИХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ЦИНК И ВОЗДУХ?

Отрицательная клемма

Отрицательный полюс (цинк)

Уплотнитель

Герметизирующая наклейка

Положительная клемма

АКТИВНЫМ ВЕЩЕСТВОМ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА ЯВЛЯЕТСЯ ЦИНК.

А ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО - КИСЛОРОДА ( $O_2$ ), СОДЕРЖАЩИЙСЯ В ВОЗДУХЕ.

А В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА ВЫСТУПАЕТ ГИДРОКСИД КАЛИЯ (KOH).





## Литиевые элементы

НУ И НАКОНЕЦ,  
ДАВАЙТЕ ПОГОВОРИМ  
О ЛИТИЕВЫХ  
ЭЛЕМЕНТАХ.

ЛИТИЕВЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ БЫЛИ  
ВПЕРВЫЕ СОЗДАНЫ  
В 1976 ГОДУ В ЯПОНЦИИ  
И НАЧАЛИ ПРИМЕНЯТЬСЯ  
НА ПРАКТИКЕ ВО ВСЕМ  
МИРЕ.

ПО СРАВНЕНИЮ С РАНЕЕ  
РАССМОТРЕННЫМИ  
БАТАРЕЯМИ ЛИТИЕВЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ ПРОИЗВОДЯТ  
БОЛЕЕ ВЫСОКОЕ  
НАПРЯЖЕНИЕ, И У НИХ  
БОЛЬШАЯ ЕМКОСТЬ.

Напряжение  
(высокое)

Емкость  
(большая)

Литиевые  
элементы

О-О-О, КАКИЕ  
КРУТЫЕ БАТАРЕИ!

В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОГО  
ВЕЩЕСТВА ОТРИЦАТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ МЕТАЛЛ  
ЛИТИЙ.

ОТСЮДА  
И НАЗВАНИЕ ЛИТИЕВЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ.



В КОНЦЕ КОНЦОВ,  
ЦИНК БЫЛ СВЕРГНУТ  
С ПЬЕДЕСТАЛА САМОГО  
НЕОТРАЗИМОГО  
АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА....

УРА!!!  
ОБЕЗУ

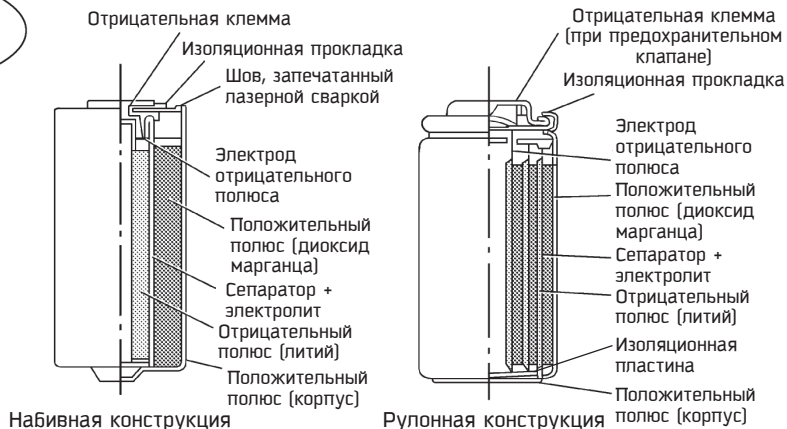
А ЧТО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
В КАЧЕСТВЕ  
АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА  
ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА?

РОЛЬ АКТИВНОГО  
ВЕЩЕСТВА  
ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА МОГУТ ИГРАТЬ:  
МОНОФТОРИД УГЛЕРОДА  
( $\text{CF}_x$ ), ДИОКСИД  
МАРГАНИЦА ( $\text{MnO}_2$ ),  
ТИОНИЛХЛОРИД ( $\text{SOCl}_2$ ),  
ОКСИД СЕРЫ ( $\text{SO}_2$ ).  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
ИСПОЛЬЗОВАННОГО  
МАТЕРИАЛА МЕНЯЕТСЯ  
НАПРЯЖЕНИЕ, КОТОРОЕ  
МОЖЕТ ПРОИЗВОДИТЬ  
ЭЛЕМЕНТ.

ПОЭТОМУ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
НАЗНАЧЕНИЯ БАТАРЕИ  
ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ЛИТИЕВЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ С РАЗНЫМИ  
АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ  
ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА.



ЭЛЕМЕНТ УСТРОЕН  
ВОТ ТАК:



САМЫМ  
РАСПРОСТРАНЕННЫМ АКТИВНЫМ  
ВЕЩЕСТВОМ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА ЯВЛЯЕТСЯ ДИОКСИД  
МАРГАНЦА. НАВЕРНОЕ, ТАКИЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ МОЖНО НАЗВАТЬ  
МАРГАНЦЕВО-ЛИТНИЕВЫМИ.

В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА  
ИСПОЛЬЗУЮТ СОЛИ ЛИТИЯ,  
НАПРИМЕР ПЕРХЛОРАТ ЛИТИЯ  
( $\text{LiClO}_4$ ), РАЗВЕДЕННЫЕ  
В ОРГАНИЧЕСКОМ РАСТВОРИТЕЛЕ.

ТУТ НАРИСОВАНЫ  
ДВЕ КОНСТРУКЦИИ.  
А В ЧЕМ ИХ РАЗНИЦА?

НАБИВНАЯ  
КОНСТРУКЦИЯ  
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ  
ДОСТИЖЕНИЯ БОЛЬШЕЙ  
ЕМКОСТИ  
ЭЛЕМЕНТА, А РУЛОННАЯ -  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОКА  
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.

ЛИТНИЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ  
В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ  
ТОКА В БЫТОВЫХ  
ПРИБОРАХ.

Домашняя  
пожарная  
сигнализация



КРОМЕ ЭТОГО,  
СУЩЕСТВУЮТ  
ДИСКОВЫЕ ЛИТНИЕВЫЕ  
БАТАРЕЙКИ.



Дисковая  
батарейка

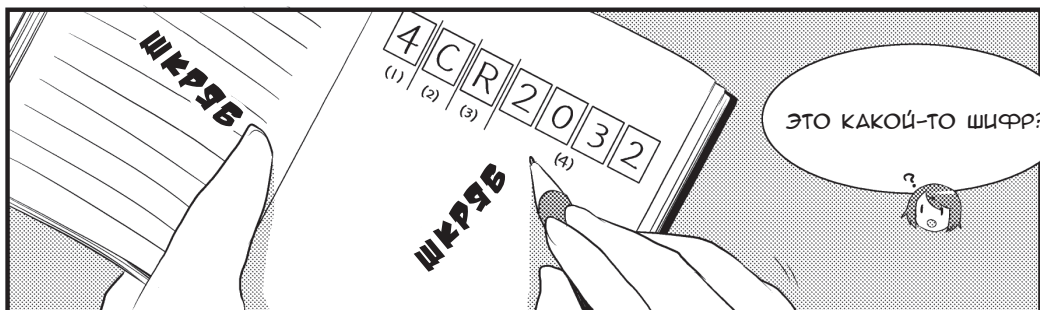


Литиевый  
элемент,  
используемый  
в плате памяти

Отрицательный  
полюс (литий)

Сепаратор  
(Монофторид  
углерода или  
диоксид марганца)

## 2.3. ПЕРВИЧНЫЕ БАТАРЕИ: СТАНДАРТЫ



| Четыре элемента | Марганцево-литиевый | Дисковая форма | Диаметр 20 мм | Высота 3,2 мм |
|-----------------|---------------------|----------------|---------------|---------------|
| 4               | C                   | R              | 20            | 32            |
| (1)             | (2)                 | (3)            | (4)           |               |

РАЗБЕРЕМ ТО, ЧТО Я НАПИСАЛА:

(1) - 4 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПОДКЛЮЧЕННЫХ ОДИНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТА;

(2) - МАРГАНЦЕВО-ЛИТИЕВЫЙ ТИП;

(3) - ДИСКОВАЯ ФОРМА;

(4) - РАЗМЕР БАТАРЕИ:  
 ДИАМЕТР - 20 ММ,  
 ДЛИНА - 3,2 ММ.

## Условное обозначение типа батарей (первичные батареи)

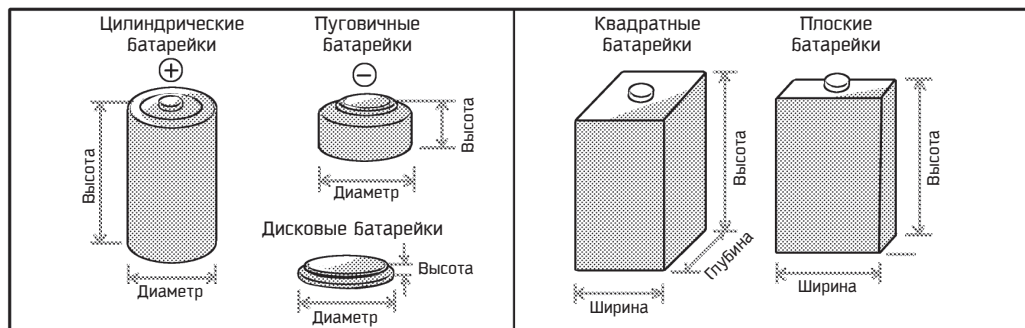
| Код               |                       | Тип                                  | Катод               | Электролит                       | Анод  | Номинальное напряжение (В) |
|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-------|----------------------------|
| Первичные батареи | Без кода <sup>1</sup> | Марганцево-цинковая батарейка        | Диоксид марганца    | Раствор хлорида цинка            | Цинк  | 1.5                        |
|                   | B                     | Монофторидуглеродно-литиевый элемент | Монофторид углерода | Неводный органический электролит | Литий | 3.0                        |
|                   | C                     | Марганцево-литиевый элемент          | Диоксид марганца    | Неводный органический электролит | Литий | 3.0                        |
|                   | E                     | Тионилхлоридно-литиевый элемент      | Тионил-хлорид       | Неводный органический электролит | Литий | 3.6                        |
|                   | F                     | Железно-литиевый элемент             | Сульфид железа      | Неводный органический электролит | Литий | 1.5                        |
|                   | G                     | Медно-литиевый элемент               | Окись меди (II)     | Неводный органический электролит | Литий | 1.5                        |
|                   | L                     | Щелочная батарейка                   | Диоксид марганца    | Раствор щелочи                   | Цинк  | 1.5                        |
|                   | P                     | Воздушно-цинковый элемент            | Кислород            | Раствор щелочи                   | Цинк  | 1.4                        |
|                   | S                     | Серебряно-цинковая батарейка         | Окись серебра       | Раствор щелочи                   | Цинк  | 1.55                       |
|                   | Z                     | Никель-цинковая батарея              | Гидроксид никеля    | Раствор щелочи                   | Цинк  | 1.5                        |

<sup>1</sup> Чтобы обозначить марганцево-цинковый тип батареи, не используйте код.

## Условное обозначение формы

| Код формы | Форма батареи                                  |
|-----------|------------------------------------------------|
| R         | Круглые (цилиндрические, пуговичные, дисковые) |
| F         | Квадратные, плоские                            |

## Размеры



КСТАТИ,  
ТАБЛИЦА УСЛОВНЫХ  
ОБОЗНАЧЕНИЙ ВЫГЛЯДИТ  
КАК-ТО ТАК. ЭТО ПРИНЯТАЯ  
ВО ВСЕМ МИРЕ СТАНДАРТНАЯ  
СИСТЕМА.





уф!

СЕГОДНЯ Я ОПЯТЬ  
ПЕРЕУТОМИЛАСЬ.  
СЛИШКОМ МНОГО  
ГОВОРИЛА.



НЕ МОЖЕТ  
БЫТЬ!

У ВАС ЗАЕСЬ  
И ИГРУШКИ  
ВЫСТАВЛЕННЫ?

АГА.  
У НАС НЕБОЛЬШАЯ  
ЭКСПОЗИЦИЯ ИГРУШЕК,  
КОТОРЫЕ РАБОТАЮТ  
ОТ БАТАРЕЙ.



ОЙ! БЛИН!

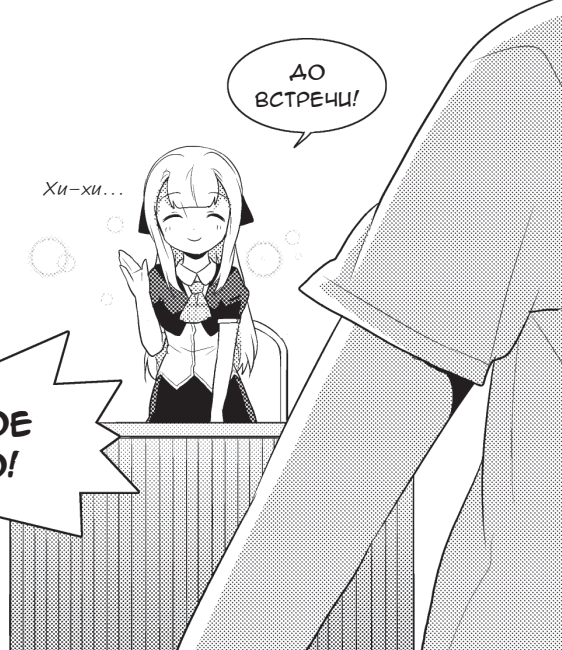
СЕГОДНЯ ЖЕ  
МОЯ ОЧЕРЕДЬ  
ВЫГУЛИВАТЬ  
СОБАКУ!



ОГРОМНОЕ  
СПАСИБО!

ДО  
ВСТРЕЧИ!

Хи-хи...





# ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

## Самопроизвольный разряд батарей и рекомендованный срок годности

Первичные батареи, даже если их не использовать, постепенно разряжаются, их свойства ухудшаются, и разрядная емкость уменьшается. Поэтому на дне батареи, сбоку или на ее упаковке обязательно указывается рекомендованный срок годности батареи. Этот рекомендованный срок годности означает, что если батарея не используется, ее разрядная емкость в течение указанного срока гарантируется стандартами JIS (Японские промышленные стандарты). Указан этот срок обычно в таком порядке: месяц, год. Ниже приведены два примера того, как это может выглядеть:

- Март 2012 года;
- 03-2012;  
03-12.

Вторичные батареи не имеют рекомендованного срока годности.

## Период использования в зависимости от способа хранения и температуры

Хотя батареи лучше всего начать использовать сразу после их изготовления, пока они как можно более свежие, однако в реальности запасные батареи удобно всегда иметь под рукой, поэтому они часто покупаются про запас и кладутся на хранение. В этом случае следует их хранить в темном прохладном месте. Кроме того, противопоказана высокая влажность, поэтому батареи следует положить в полиэтиленовый пакет и затем, например, спрятать в холодильник (но не в морозилку). Если хранение осуществляется при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при влажности  $60\% \pm 15\%$ , то рекомендованные сроки хранения составят: 3 года для марганцево-цинковых батарей D и C, и 2 года для более мелких, 5 лет для щелочных батарей, 2 года для пуговичных батареек со щелочным раствором, 5 лет для дисковых литиевых батарей, 10 лет для цилиндрических литиевых батарей. Другими словами, если использовать батареи в течение указанных сроков, то их качество будет гарантироваться стандартами JIS (Японские промышленные стандарты).

Кроме того, период использования батареи меняется в зависимости от температуры окружающей среды. В общем случае чем ниже температура, тем короче период использования. Есть и такие батареи, которые не работают на холоде,

например бывает, что невозможно послушать музыку в плеере во время катания на лыжах. Однако если затем вернуться в теплое помещение, батарея опять заработает.

## Прекращение использования ртути в сухих батареях

Ранее в марганцевых и щелочных сухих батареях, использующих цинк в качестве активного вещества отрицательного полюса, часто использовалась ртуть. Обычно, когда металлический цинк контактирует с водным раствором, появляется коррозия и выделяется газообразный водород, из-за чего легко могут возникнуть различные поломки, например вздутие батареи или протечка жидкости. Чтобы это предотвратить, цинк амальгамировали<sup>1</sup>. Здесь использовалось свойство амальгамы замедлять реакцию выделения водорода с электродов. Однако ртуть очень ядовита, и неправильная утилизация таких батарей приводила к загрязнению окружающей среды. Поэтому проводились исследования, как отказаться от использования ртути. И наконец, в 1991 году удалось создать марганцевую батарею без использования ртути, а в 1992 году – щелочную. В результате тщательных поисков малоядовитого металла, с медленной реакцией образования газообразного водорода, вместо ртути стали использовать сплавы, содержащие небольшое количество индия (In) и др. Также в электролит начали добавлять ингибитор коррозии и использовать металлы высокой чистоты, лишь с небольшим количеством примесей, которые становятся причиной выделения водорода. В настоящее время также удалось избавиться от использования ртути при изготовлении серебряно-оксидных и щелочно-марганцевых пуговичных батарей.

<sup>1</sup> Ртуть сплавляется с золотом, цинком, медью и другими металлами, в разных пропорциях образуя сплавы. Такие сплавы и называются амальгамой. В древние времена Большой Будда в Наре был позолочен. Говорят, что это было сделано следующим способом: после покрытия поверхности статуи Будды золотой амальгамой его обожгли с помощью факелов, чтобы ртуть испарилась.

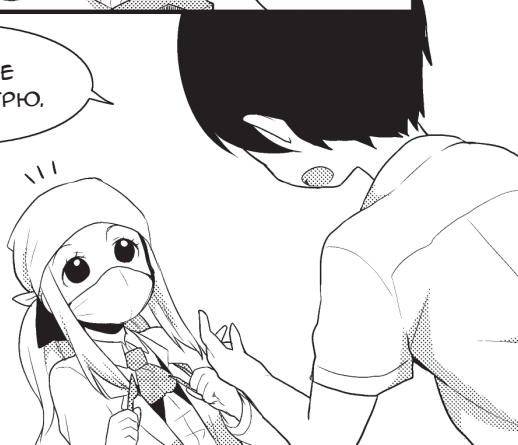
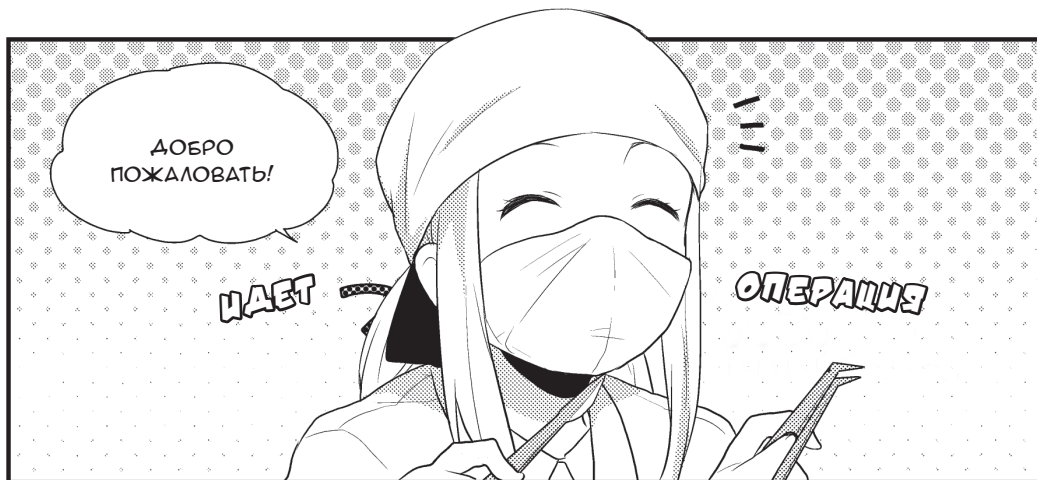
## ГЛАВА 3

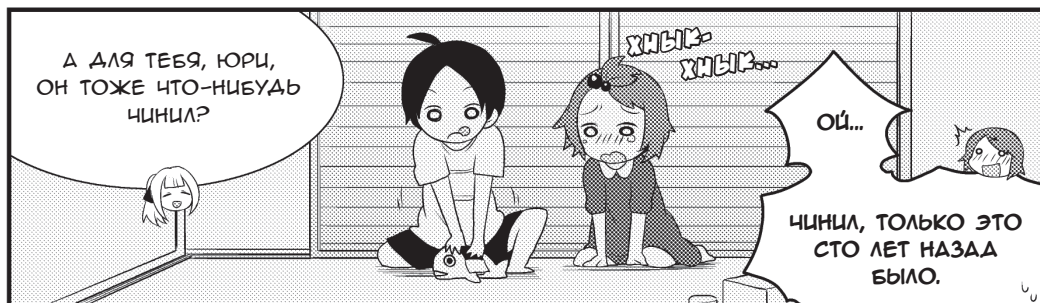
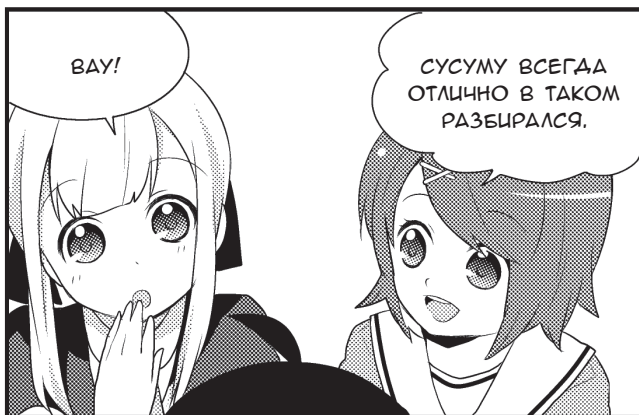
# ВТОРИЧНЫЕ БАТАРЕИ

### 3.1. ЧТО ТАКОЕ ВТОРИЧНЫЕ БАТАРЕИ









В ПРОШЛЫЙ РАЗ Я  
РАССКАЗЫВАЛА ПРО ПЕРВИЧНЫЕ  
БАТАРЕИ, КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ  
ОДНИМ ИЗ ВИДОВ ХИМИЧЕСКИХ  
ИСТОЧНИКОВ ТОКА.

ВЫ УЗНАЛИ  
ПРО МАРГАНЦЕВО-  
ЦИНКОВЫЕ  
И ЩЕЛОЧНЫЕ  
БАТАРЕЙКИ.

А СЕГОДНЯ  
ПОГОВОРИМ ПРО  
ВТОРИЧНЫЕ  
БАТАРЕИ.

Э-Э...

ВТОРИЧНЫЕ  
БАТАРЕИ  
ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ  
ПЕРВИЧНЫХ ТЕМ,

ЧТО ИХ МОЖНО  
ЗАРЯЖАТЬ, ТАК?

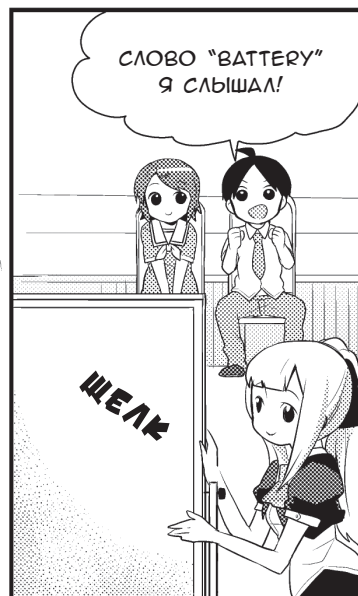
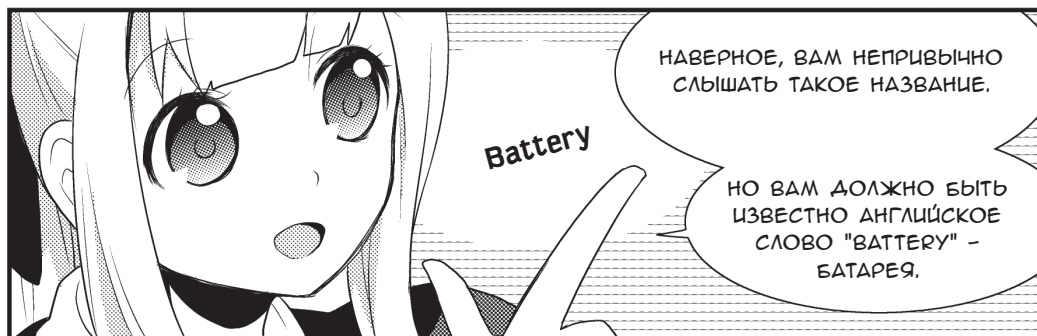
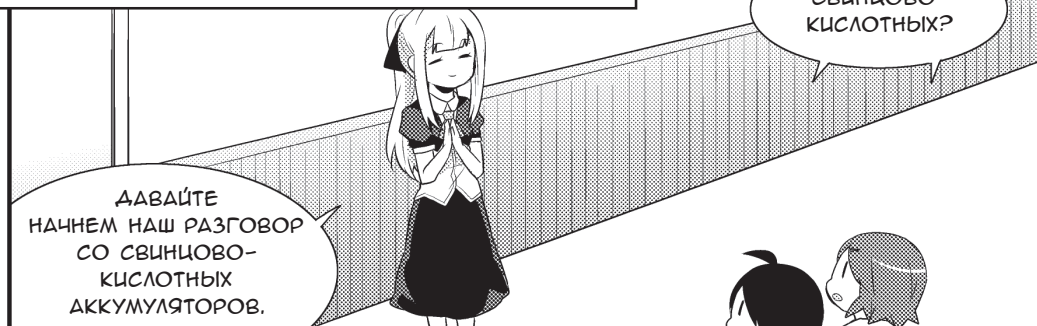
СОВЕРШЕННО  
ВЕРНО.

ИХ МОЖНО ЗАРЯЖАТЬ  
ОТ ВНЕШНИХ ЗАРЯДНЫХ  
УСТРОЙСТВ И ЗАРЯДНЫХ  
УСТРОЙСТВ, ВМОНТИРОВАННЫХ  
В ПРИБОРЫ.

БАТАРЕИ РАЗЛИЧАЮТСЯ  
ПО ТИПАМ И МЕТОДАМ ЗАРЯДКИ.  
СУЩЕСТВУЕТ БОЛЕЕ 500 ВИДОВ  
ВТОРИЧНЫХ БАТАРЕЙ.



## 3.2. ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВТОРИЧНЫХ БАТАРЕЙ



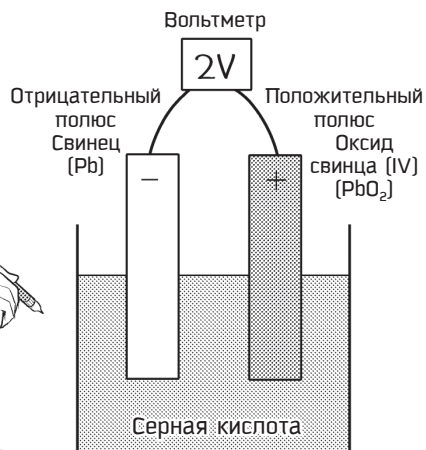




В СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ

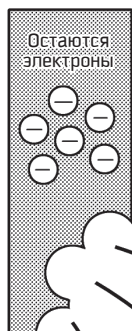
АККУМУЛЯТОРАХ В РОЛИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА ВЫСТУПАЕТ ОКСИД СВИНЦА IV ( $\text{PbO}_2$ ), В РОЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО - СВИНЕЦ ( $\text{Pb}$ ), А В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СЕРНАЯ КИСЛОТА ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ОДНОГО ОДИНОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА СОСТАВЛЯЕТ 2 В.

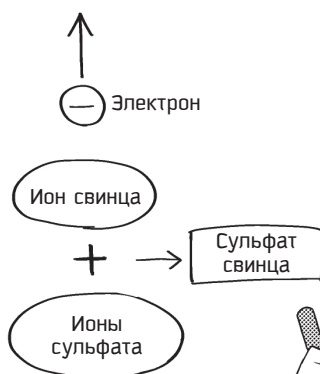


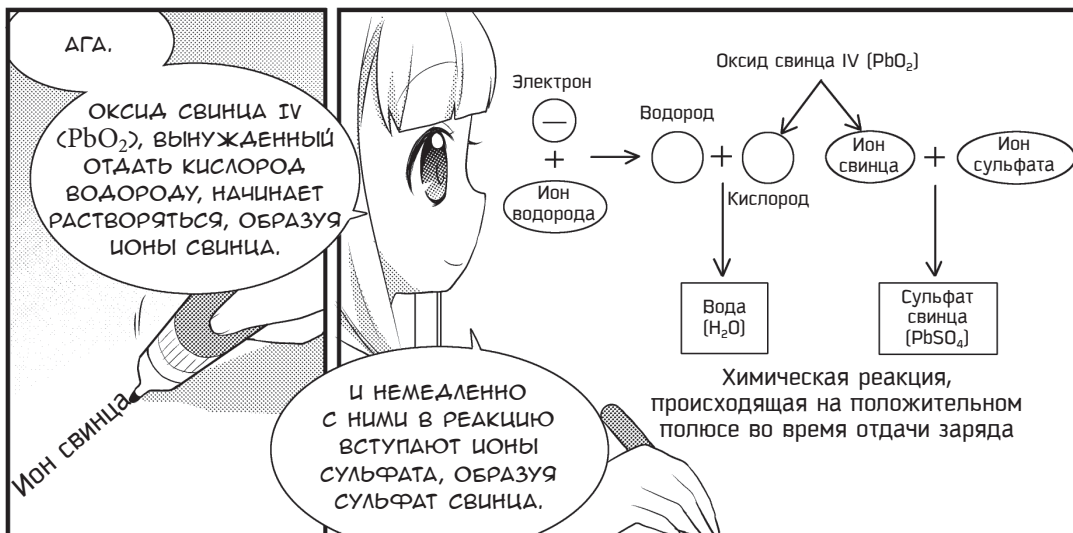
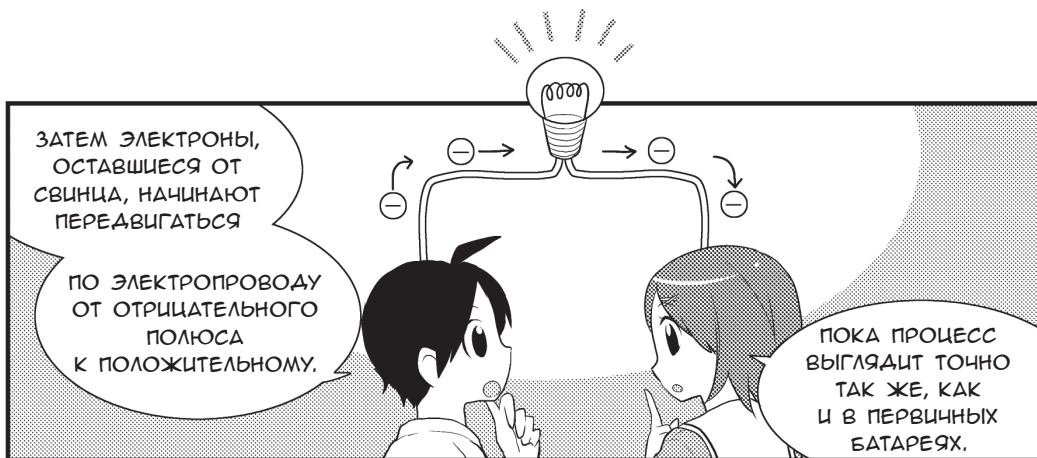


Активное вещество отрицательного полюса

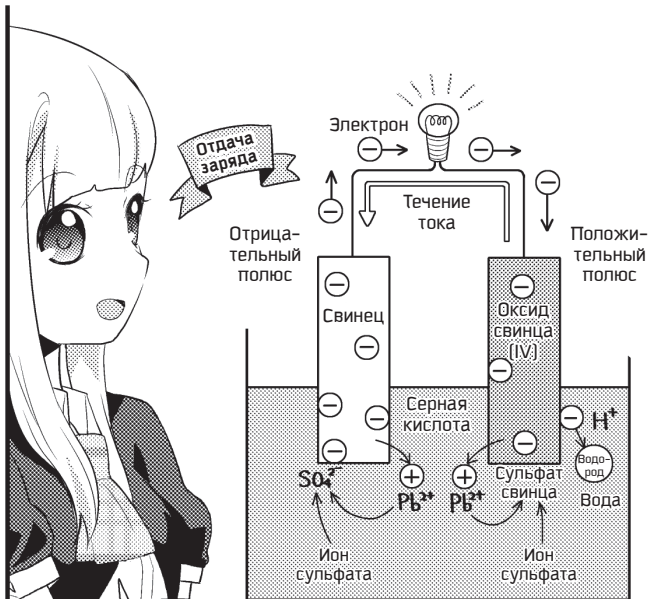


Активное вещество растворяется, превращаясь в ионы









ТАКИМ ОБРАЗОМ ВЫХОДИТ, ЧТО И НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ, И НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ У НАС ОБРАЗУЕТСЯ СУЛЬФАТ СВИНЦА, ВИДИТЕ?

И ПОНЕМНОГУ ОБА ПОЛЮСА ПОКРЫВАЮТСЯ СУЛЬФАТОМ СВИНЦА.

НО ЕСЛИ ОБА ПОЛЮСА ОКАЖУТСЯ ПОЛНОСТЬЮ ВНЕ ДОСТУПА, ЭТО ПРЕРВЕТ ХИМИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ, РАЗВЕ НЕТ?

ОЧЕНЬ ВЕРНО ПОДАМЕЧЕНО!

ВСЕ ТАК И ЕСТЬ.

ПО МЕРЕ ПОКРЫТИЯ ПОЛЮСОВ СУЛЬФАТОМ СВИНЦА СПОСОБНОСТЬ БАТАРЕИ ВЫРАБАТЫВАТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ПАДАЕТ.

Сульфат свинца

Полюс

Падение продуктивности!

ПОНЯЛА!

В ЭТОТ МОМЕНТ МЫ ПОДНИМАЕМ ЕЕ, ЗАРЯЖАЯ БАТАРЕЮ!

НО ПОЧЕМУ ПОЛУЧАЕТСЯ СНОВА ПРИВЕСТИ БАТАРЕЮ В РАБОЧЕЕ СОСТОЯНИЕ, КОГДА ПО НЕЙ ТЕЧЕТ ТОК?

ЧТОБЫ ОТВЕТИТЬ НА ЭТОТ ВОПРОС, ДАВАЙТЕ ПОСМОТРИМ, ЧТО ПРОИСХОДИТ, КОГДА МЫ ЗАРЯЖАЕМ БАТАРЕЮ.



ПРОЦЕСС ЗАРЯДКИ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В НАПРАВЛЕНИИ БОЛЬШОГО КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРОНОВ ИЗВНЕ НА ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПОЛЮС.

ЭЛЕКТРОНЫ НАЧИНАЮТ ПРИСОЕДИНЯТЬСЯ К ИОНАМ СВИНЦА, ВХОДЯЩИМ В СОСТАВ СУЛЬФАТА СВИНЦА, РАСТВОРЕННОГО В ЭЛЕКТРОЛИТЕ.

В РЕЗУЛЬТАТЕ НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ ВОЗНИКАЕТ ПЕРЕИЗБЫТОК ЭЛЕКТРОНОВ.

**Отрицательный полюс**

Свинец

Электрон

Свинец

Свинец

$Pb^{2+}$

$Pb^{2+}$

$Pb^{2+}$

ТО ЕСТЬ СВИНЕЦ...

ОДНАЖДЫ РАСТВОРИВШИЙСЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ, СНОВА ВОЗВРАЩАЕТСЯ НА ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПОЛЮС И ПРЕВРАЩАЕТСЯ В МЕТАЛЛ?

В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАРЯДКИ СВИНЕЦ "ПРИЛИПАЕТ" К ОТРИЦАТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ.

А С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ, НА КОТОРОМ НАЧАЛО НЕ ХВАТАТЬ ЭЛЕКТРОНОВ, ИОНЫ ГИДРОКСИДА ( $OH^-$ ) НАЧИНАЮТ ОДАВАТЬ ЭЛЕКТРОНЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ И ПРЕВРАЩАЮТСЯ В ВОДУ И КИСЛОРОД.

ЗАТЕМ ВОЗНИКШИЙ ТАКИМ ОБРАЗОМ КИСЛОРОД ( $O_2$ ) ВСТУПАЕТ В ХИМИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ С СУЛЬФАТОМ СВИНЦА И ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ОКСИД СВИНЦА (IV).

**Положительный полюс**

Оксид свинца (IV)

Вода

Кислород

Ион гидроксида

Сульфат свинца

Оксид свинца (IV)

Оксид свинца (IV)

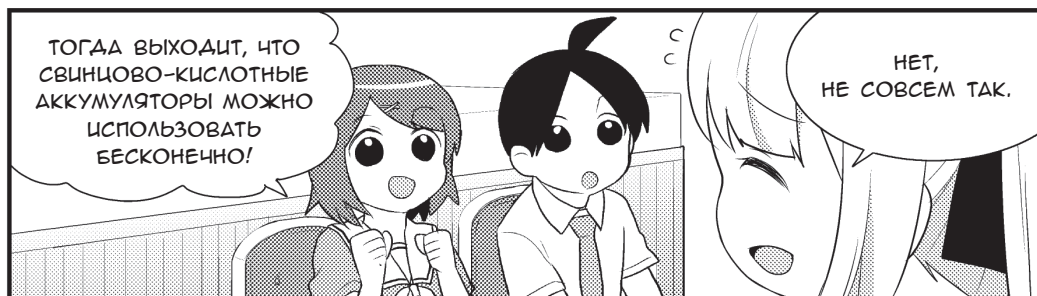
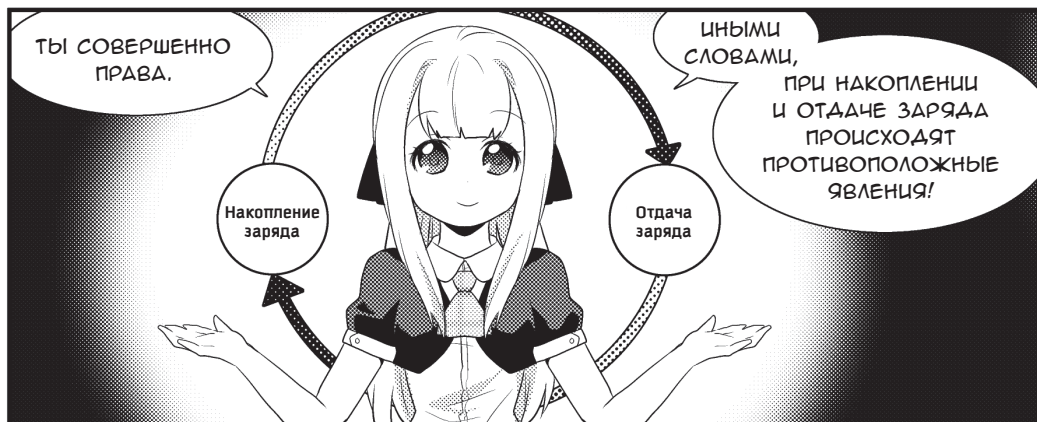
ВОЗНИКШИЙ ОКСИД СВИНЦА (IV) ПРИКРЕПЛЯЕТСЯ К ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ.

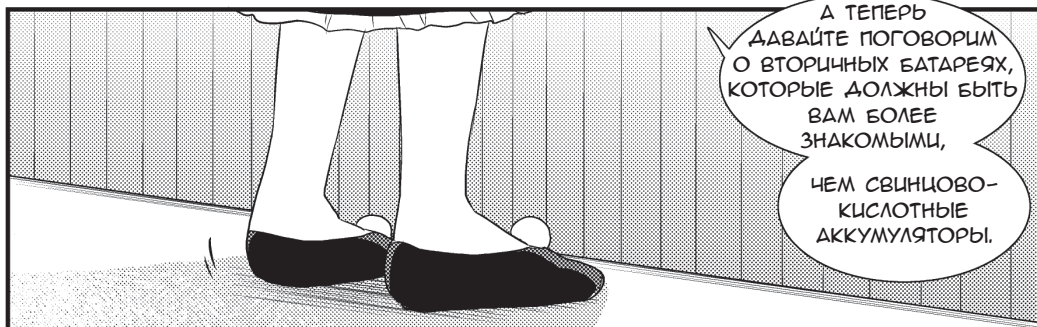
НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ ИЗ ИОНОВ СВИНЦА ПОЛУЧАЕТСЯ СВИНЕЦ,

А НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ ИЗ СУЛЬФАТА СВИНЦА ВОЗНИКАЕТ ОКСИД СВИНЦА (IV)...

ТОЧНО!

ПОЛУЧАЕТСЯ ПРЯМО ПРОТИВОПОЛОЖНЫЙ ПРОЦЕСС!









А ЧТО ЭТО  
ЗА "ВОДОРОДО-  
СОДЕРЖАЩИЙ СПЛАВ  
МЕТАЛЛОВ"?



ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИМ  
СПЛАВОМ МЕТАЛЛОВ В ДАННОМ  
СЛУЧАЕ ЯВЛЯЕТСЯ ХИМИЧЕСКОЕ  
СОЕДИНЕНИЕ, В КАЧЕСТВЕ ОСНОВ-  
НОГО КОМПОНЕНТА КОТОРОГО  
ВЫСТУПАЕТ НИКЕЛЬ.

КРОМЕ НИКЕЛЯ,  
В ЭТОМ СПЛАВЕ  
ПРИСУТСТВУЕТ ЛАНТАН  
ИЛИ ЖЕ РЕАКТОЗЕМЕЛЬНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ.

**Водородосодержащий  
сплав металлов**

ТАКЖЕ СПЛАВ  
ИМЕЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ  
ВКЛЮЧИТЬ В СЕБЯ ЕЩЕ  
ОДИН КОМПОНЕНТ -  
ВОДОРОД.



РАНЬШЕ НИКЕЛЬ-  
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ  
ИСПОЛЬЗОВАЛИСЬ ДАЖЕ  
В НОУТЕБУКАХ.



А СЕЙЧАС ГДЕ ОНИ  
ИСПОЛЬЗУЮТСЯ?



МММ, В МУЗЫКАЛЬНЫХ  
ЦЕНТРАХ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ЗУБНЫХ ЩЕТКАХ...

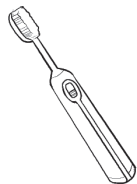
НО ИХ ПОСТЕПЕННО  
ВЫТЕСНЯЮТ  
ЛИТИЙ-ИОННЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ.



Музыкальный  
центр

Источник энергии  
гибридного  
автомобиля

СЕЙЧАС  
ОНИ ИГРАЮТ ВАЖНУЮ  
РОЛЬ В ГИБРИДНЫХ  
АВТОМОБИЛЯХ, СЛУЖА  
ИСТОЧНИКАМИ  
ЭНЕРГИИ.



Электрическая  
зубная щетка

ВОТ ТАК  
УСТРОЕН НИКЕЛЬ-  
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ  
АККУМУЛЯТОР.



Уплотнитель (или прокладка)  
Клемма положительного  
полюса (внутри выхлопного  
клапана)

Выхлопной (защитный)  
клапан

Газовый электрод  
(никелевый стакан)

Положительный полюс  
(пластина из никеля)

Сепаратор

Отрицательный  
полюс (покрытый  
никелем  
железный  
цилиндр)

Изоляционная  
камера

Отрицательный полюс (пластина  
из водородосодержащего сплава)



ТЕПЕРЬ ПОГОВОРИМ О ТОМ, КАК НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ ВЫРАБАТЫВАЮТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ.

НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ ВОДОРОДА, КОТОРЫЙ НАКОПЛЕН В ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕМ СПЛАВЕ, НАЧИНАЕТ РАСТВОРЯТЬСЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ И ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ИОНЫ ВОДОРОДА ( $H^+$ ), ОТАДАВАЯ ЭЛЕКТРОНЫ. ПОСЛЕ РАСТВОРЕНИЯ ИОНЫ ВОДОРОДА ВСТУПАЮТ В РЕАКЦИЮ С ИОНАМИ ГИДРОКСИДА ( $OH^-$ ), ПРЕВРАЩАЯСЬ В ВОДУ.

Водородосодержащий сплав

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

ПОЛУЧАЕТСЯ, НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ ВСЕ ВСЕГДА ОДИНАКОВО: АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО РАСТВОРЯЕТСЯ, ОТАДАВАЯ ЭЛЕКТРОНЫ.

ВСЕ ПРАВИЛЬНО. В ДАННОМ СЛУЧАЕ ЭТО ВОДОРОДА.

ПЕРЕЙДЕМ К МЕТАГИДРОКСИДУ НИКЕЛЯ.

ЭЛЕКТРОНЫ, КОТОРЫЕ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДУ ПЕРЕМЕСТИЛИСЬ ОТ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО СПЛАВА К МЕТАГИДРОКСИДУ НИКЕЛЯ, ВСТУПАЮТ В РЕАКЦИЮ С ИОНАМИ ВОДОРОДА, НАХОДЯЩИМИСЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЛУЧАЕТСЯ ГИДРОКСИД НИКЕЛЯ ( $Ni(OH)_2$ ).

А ВОДА, НАХОДЯЩАЯСЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ, РАСПАДАЕТСЯ НА ИОНЫ ВОДОРОДА И ГИДРОКСИДА.

Выработка электроэнергии

Электрон

Течение тока

Отрицательный полюс

Водородосодержащий сплав

Положительный полюс

Метагидроксид никеля

$H_2$

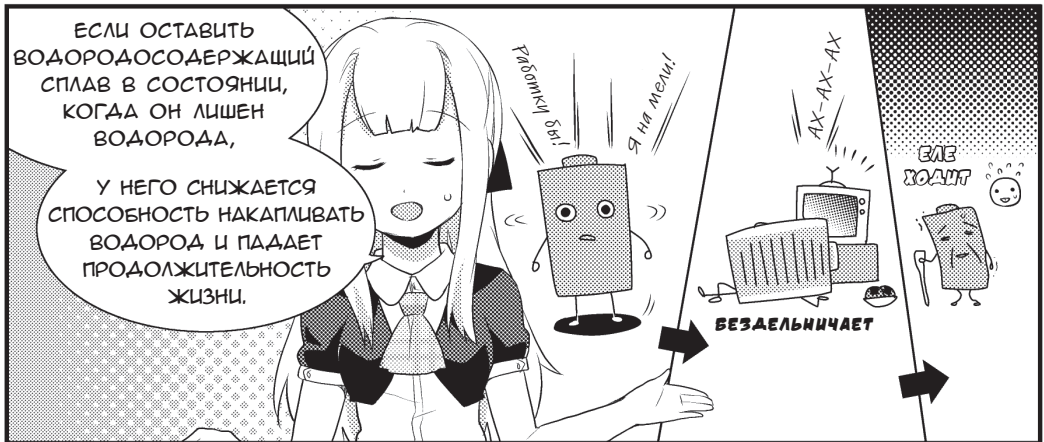
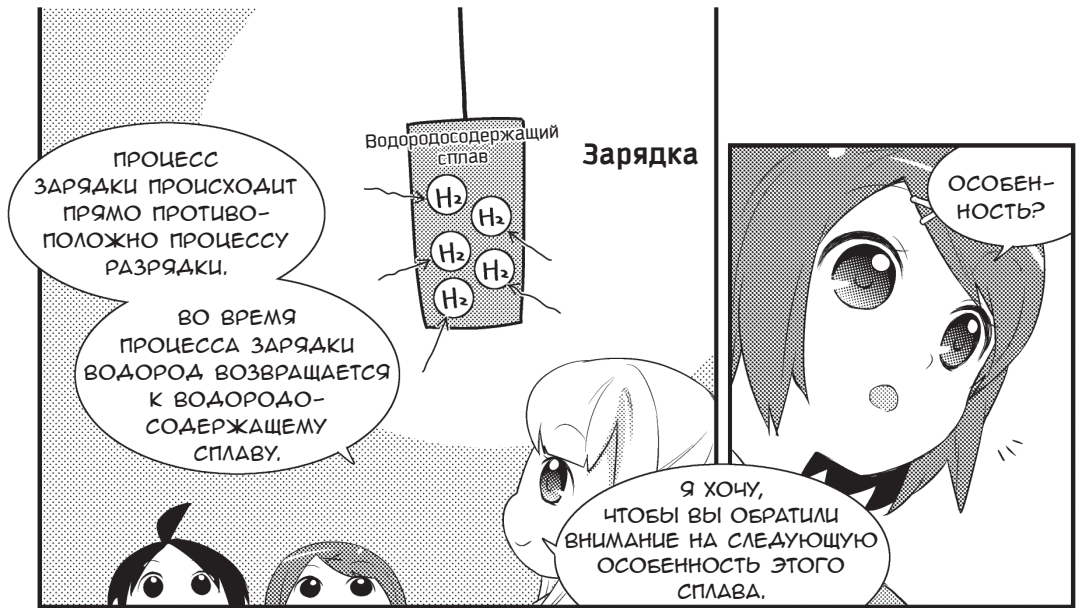
$H^+$

$OH^-$

$NiOOH$

$Ni(OH)_2$

Раствор гидроксида калия



ТЕПЕРЬ  
ДАВАЙТЕ ПОГОВОРИМ  
ПРО АККУМУЛЯТОРЫ,  
ПРЕВОСХОДЯЩИЕ НИКЕЛЬ-  
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ ПО  
ВСЕМ ПАРАМЕТРАМ.

Я ИМЕЮ В ВИДУ  
ЛИТИЙ-ИОННЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ.



О, ВЫ ВЕДЬ  
И РАНЬШЕ ПРО НИХ  
УПОМИНАЛИ!

СФЕРЫ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЛИТИЙ-ИОННЫХ  
АККУМУЛЯТОРОВ  
ПОИСТИНЕ  
РАЗНООБРАЗНЫ.

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ ВПЕРВЫЕ  
НАЧАЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ  
В 1991 ГОДУ, А НАСТОЯЩЕЕ  
ПРИЗНАНИЕ ПРИШЛО  
БЛАГОДАРЯ ЯПОНИИ.

Литий-ионные  
аккумуляторы



ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ  
ПОЛЮС ТАКИХ АККУМУЛЯ-  
ТОРОВ - ОКСИД ЛИТИЯ-  
КОБАЛЬТА ( $\text{LiCoO}_2$ ),  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ - ГРАФИТ  
УГЛЕРОДА C.

ЭЛЕКТРОЛИТ -  
ОРГАНИЧЕСКИЙ.

А НОМИНАЛЬНОЕ  
НАПРЯЖЕНИЕ  
СОСТАВЛЯЕТ  
3,7 В.

Литий-ионные: 3,7 В  
Никель-металлогидридные: 1,2 В

ПО НАПРЯЖЕНИЮ  
ОНИ ПОЧТИ В ЧЕТЫРЕ РАЗА  
ПРЕВОСХОДЯТ НИКЕЛЬ-  
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ!

ВЕРНО. ПО ПЛОТНОСТИ  
ЭНЕРГИИ ОНИ ПРЕВОСХОДЯТ  
НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ  
АККУМУЛЯТОРЫ В ДВА РАЗА  
И ЗАНИМАЮТ ПЕРВОЕ МЕСТО  
СРЕДИ ВТОРИЧНЫХ БАТАРЕЙ.  
КРОМЕ ТОГО, В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ  
ЭТИ АККУМУЛЯТОРЫ ПОЧТИ  
НЕ СТАЛКИВАЮТСЯ С ПРОБЛЕМОЙ  
САМОПРОИЗВОЛЬНОЙ ОТДАЧИ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И НЕ СТРАДАЮТ  
ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ  
АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ.  
В ЦЕЛОМ ЭТО ЧРЕЗВЫЧАЙНО  
УДАЧНЫЕ ВТОРИЧНЫЕ  
БАТАРЕИ.

НЕУЖЕЛИ ОНИ  
НАСТОЛЬКО  
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ?

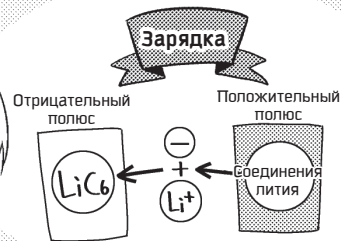
См. стр. 101.



ДАВАЙТЕ НАЧЕМ  
ОБСУЖДАНИЕ РАБОТЫ  
ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯ-  
ТОРОВ С ПРОЦЕССА ЗАРЯДКИ.

ПРИ ЗАРЯДКЕ ИЗ ОКСИДА  
ЛИТИЯ-КОБАЛЬТА ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА ОТДЕЛЯЮТСЯ ИОНЫ ЛИТИЯ,  
ПЕРЕМЕЩАЮТСЯ ЧЕРЕЗ РАСТВОР  
ЭЛЕКТРОЛИТА И ПРОНИКАЮТ В ГРАФИТ  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ОТАВ ИОНЫ  
ЛИТИЯ, ОКСИД ЛИТИЯ-КОБАЛЬТА  
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ОКСИД  
КОБАЛЬТА ( $\text{CoO}_2$ ).



С ДРУГОЙ  
СТОРОНЫ, ГРАФИТ,  
ПОЛУЧИВ ОТ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА ПРОШЕДШИЕ ЧЕРЕЗ  
ЭЛЕКТРОЛИТ ИОНЫ ЛИТИЯ  
И ПРИШЕДШИЕ ПО ЭЛЕКТРИЧЕ-  
СКИМ ПРОВОДАМ ЭЛЕКТРОНЫ,  
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В  $\text{LiC}_6$ .

ВО ВРЕМЯ ОТАДЧИ  
ЗАРЯДА НАКОПЛЕННЫЙ НА  
ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ  
В ВИДЕ СОЕДИНЕНИЯ  
С ГРАФИТОМ  $\text{LiC}_6$  ЛИТИЙ,

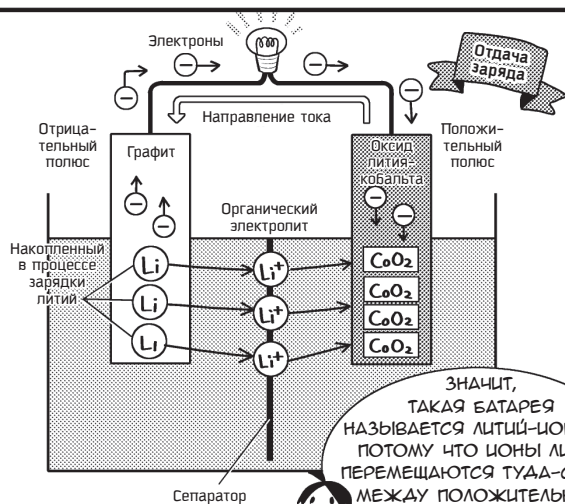
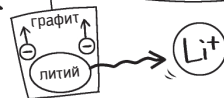
ОСТАВЛЯЯ ЭЛЕКТРОНЫ,  
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ИОНЫ ЛИТИЯ  
( $\text{Li}^+$ ) И РАСТВОРАЕТСЯ  
В ЭЛЕКТРОЛИТЕ.

ЗНАЧИТ, ИОНЫ  
ЛИТИЯ, КОТОРЫЕ  
ПРОНИКЛИ  
В ГРАФИТ ПРИ  
ЗАРЯДКЕ, ТЕПЕРЬ  
ОТДЕЛЯЮТСЯ?

ИМЕННО.

ОСТАВШИЕСЯ  
В ГРАФИТЕ ЭЛЕКТРОНЫ  
ПО ПРОВОДАМ,  
А РАСТВОРИВШИЕСЯ ИОНЫ  
ЛИТИЯ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРОЛИТ  
ДВИГАЮТСЯ  
К ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ  
ПОЛЮСУ.  
И ЗДЕСЬ СНОВА  
ОБРАЗУЕТСЯ ОКСИД  
ЛИТИЯ-КОБАЛЬТА.

Отдача  
заряда



ЗНАЧИТ,  
ТАКАЯ БАТАРЕЯ  
НАЗЫВАЕТСЯ ЛИТИЙ-ИОННОЙ,  
ПОТОМУ ЧТО ИОНЫ ЛИТИЯ  
ПЕРЕМЕЩАЮТСЯ ТУДА-СЮДА  
МЕЖАДУ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ  
И ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ  
ПОЛЮСАМИ, ДА?

И ПОЭТОМУ ТОЖЕ,  
НО НЕ ТОЛЬКО.  
ВО ВРЕМЯ ЗАРЯДКИ ЛИТИЙ  
НАХОДИТСЯ В ВИДЕ ИОНОВ,  
А НЕ МОЛЕКУЛ МЕТАЛЛА,  
ЧТО ОТЛИЧАЕТ ЭТИ БАТАРЕИ  
ОТ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ,  
ГДЕ НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ  
ПОЛЮСЕ НАХОДИТСЯ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СВИНЕЦ.

ЭТО НЕМНОГО СЛОЖНО, НО ЧТОБЫ  
НЕЙТРАЛИЗОВАТЬ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД  
ИОНОВ ЛИТИЯ И ПОДДЕРЖАТЬ ЭЛЕКТРИЧЕ-  
СКИЮ НЕЙТРАЛЬНОСТЬ\*, ИОНЫ ЛИТИЯ  
СОЕДИНЯЮТСЯ С 6 АТОМАМИ УГЛЕРОДА,  
КОТОРЫЕ, ИСПОЛЬЗУЯ НАКОПЛЕННЫЕ  
ПРИ ЗАРЯДКЕ ЭЛЕКТРОНЫ  
ИЗ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО  
ПОЛЮСА, ОБРАЗУЮТ  $\text{LiC}_6$ .

ВОТ ПОЧЕМУ ТАКИЕ  
БАТАРЕИ НАЗЫВАЮТСЯ  
ЛИТИЙ-ИОННЫМИ.

\* Когда количество электронов на отрицательном полюсе равно количеству электронов на положительном полюсе.



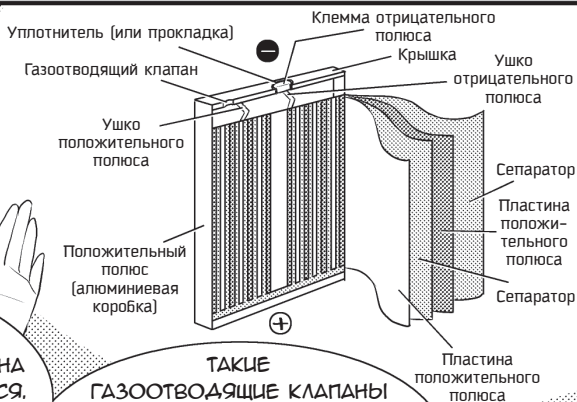
А ЭТИ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ БАТАРЕИ БЫВАЮТ РАЗНЫХ ВИДОВ?

ПРОИЗВОДИТСЯ ТРИ ВИДА ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ: ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ, КВАДРАТНЫЕ И ЛАМИНИРОВАННЫЕ.

НА ЭТОЙ СХЕМЕ ПОКАЗАНО УСТРОЙСТВО КВАДРАТНОЙ БАТАРЕИ.

КАК ВИДИТЕ, ОНО БОЛЕЕ СЛОЖНОЕ, ПО СРАВНЕНИЮ С ПЕРВИЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ.

ЕСЛИ ВДРУГ ВНУТРИ БАТАРЕИ ПОВЫСЯТСЯ ТЕМПЕРАТУРА И ДАВЛЕНИЕ, ТО ОНА МОЖЕТ РАЗДУТЬСЯ И ВЗОРВАТЬСЯ. ЧТОБЫ ЭТОГО НЕ СЛУЧИЛАСЬ, БАТАРЕЯ СНАБЖЕНА ГАЗООТВОДЯЩИМ КЛАПАНОМ.

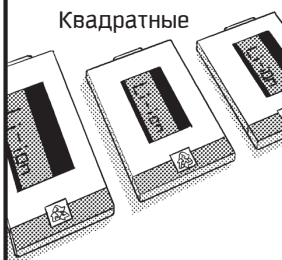


ТАКИЕ ГАЗООТВОДЯЩИЕ КЛАПАНЫ ЕСТЬ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ЛАМИНИРОВАННЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ, А ТАКЖЕ В НИКЕЛЬ-ВОДОРОДНЫХ БАТАРЕЯХ.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ БАТАРЕИ ПРИ САМЫХ НИЗКИХ ЗАТРАТАХ ОБЕСПЕЧИВАЮТ САМУЮ ВЫСОКУЮ ЕМКОСТЬ.



КВАДРАТНЫЕ БАТАРЕИ ИСПОЛЗУЮТСЯ В МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНАХ, ЦИФРОВЫХ КАМЕРАХ И Т. Д.



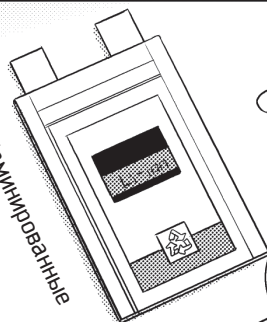
ХОТЯ В МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНАХ И ИСПОЛЗУЕТСЯ ТАКАЯ ПРЕКРАСНАЯ ЛИТИЙ-ИОННАЯ БАТАРЕЯ, НО ЕСЛИ ТЕЛЕФОН НЕ ЗАРЯЖАЕТ, СМЫСЛА В НЕМ НЕТ.



В ЛАМИНИРОВАННЫХ БАТАРЕЯХ ВМЕСТО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОРПУСА, КАК У КВАДРАТНЫХ БАТАРЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ЛАМИНИРОВАННАЯ ФОЛЬГА.

А ЭЛЕКТРОЛИТ МОЖЕТ БЫТЬ ЖИДКОСТЬЮ ИЛИ ГЕЛЕОБРАЗНЫМ ПОЛИМЕРОМ.

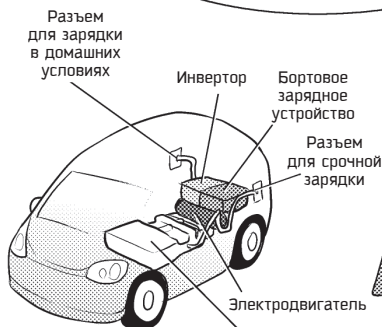
Ламинированные



БАТАРЕЯ С ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ НЕ МОЖЕТ ПРОТЕЧЬ.

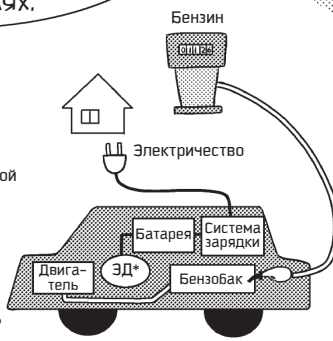
ОЖИДАЕТСЯ, ЧТО В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ СМОГУТ СОЗДАТЬ

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ БАТАРЕИ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ, КОТОРЫЕ МОЖНО БУДЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В ГИБРИДНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЯХ.



Электромобиль

Литий-ионная батарея



Гибридный автомобиль

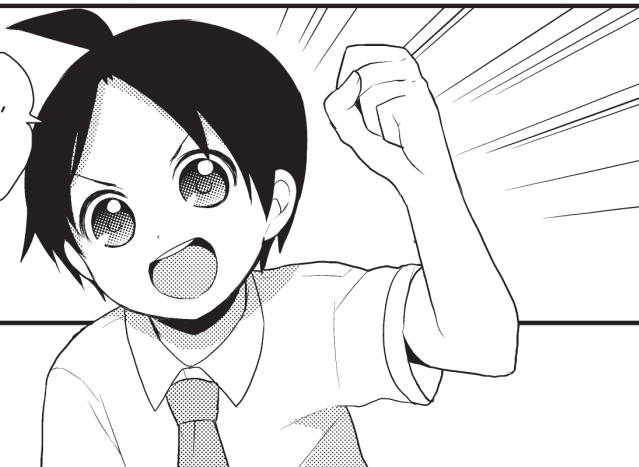
\* ЭД – электродвигатель.

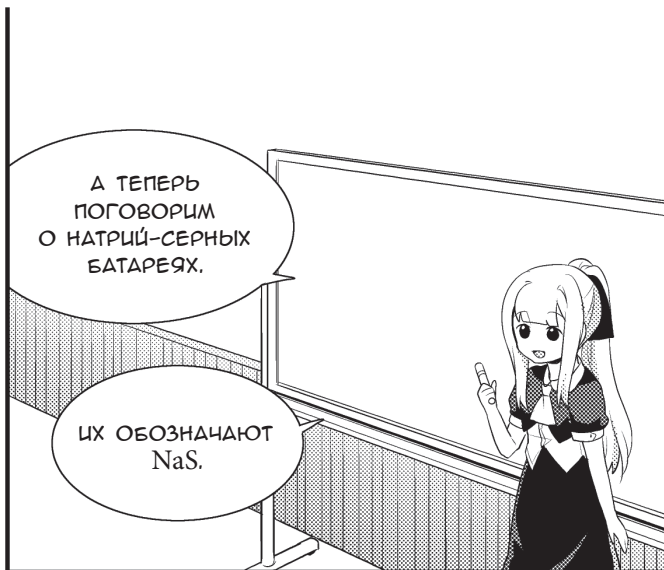
КРОМЕ ТОГО, ЭЛЕКТРОМОБИЛИ МОЖНО БУДЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ИЗЛИШКОВ ЭНЕРГИИ ОТ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ИЛИ ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ВЕТРА.

ОДНАКО ИССЛЕДОВАНИЯ ПО-ПРЕЖНЕМУ НАПРАВЛЕННЫ НА РАЗРАБОТКУ БОЛЕЕ ДЕШЕВЫХ БАТАРЕЙ С БОЛЬШЕЙ ПЛОТНОСТЬЮ ЭНЕРГИИ.



ЗНАЧИТ, ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ – ЭТО БАТАРЕИ, КОТОРЫЕ, ВЕРОЯТНО, БУДУТ СОЗДАВАТЬ НАШЕ БУДУЩЕЕ!





А ТЕПЕРЬ  
ПОГОВОРИМ  
О НАТРИЙ-СЕРНЫХ  
БАТАРЕЯХ.

ИХ ОБОЗНАЧАЮТ  
 $\text{NaS}$ .



ЭТО БАТАРЕИ,  
В КОТОРЫХ  
ИСПОЛЗУЮТСЯ НАТРИЙ  
И СЕРА, ДА?



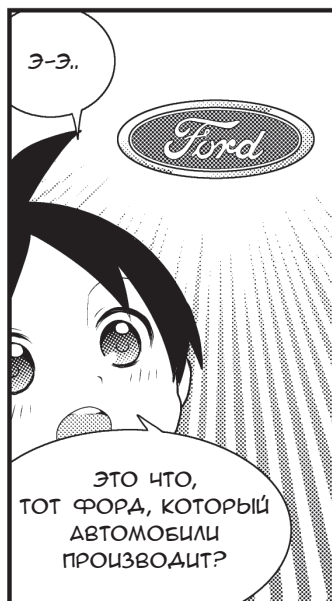
ТАК И ЕСТЬ.

Натрий-серные батареи

ПРИНЦИП, НА КОТОРОМ  
РАБОТАЮТ ЭТИ БАТАРЕИ,  
БЫЛ ПРЕДСТАВЛЕН  
В 1967 ГОДУ КОМПАНИЕЙ  
FORD MOTOR.

ЭТО  
ВТОРИЧНЫЕ БАТАРЕИ,  
В КОТОРЫХ АКТИВНЫМ  
ВЕЩЕСТВОМ ОТРИЦА-  
ТЕЛЬНОГО ПОЛЮСА ЯВЛЯ-  
ЕТСЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ  
НАТРИЙ ( $\text{Na}$ ),

А ПОЛОЖИ-  
ТЕЛЬНОГО -  
СЕРА ( $\text{S}$ ).



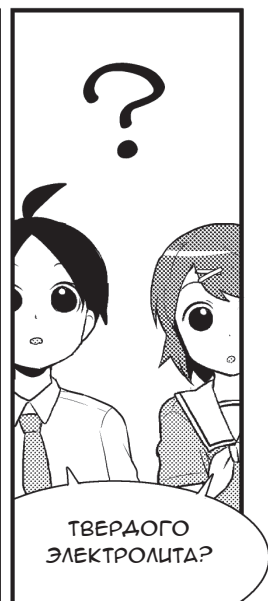
Э-Э..

ЭТО ЧТО,  
ТОТ ФОРД, КОТОРЫЙ  
АВТОМОБИЛИ  
ПРОИЗВОДИТ?



ВЕРНО.

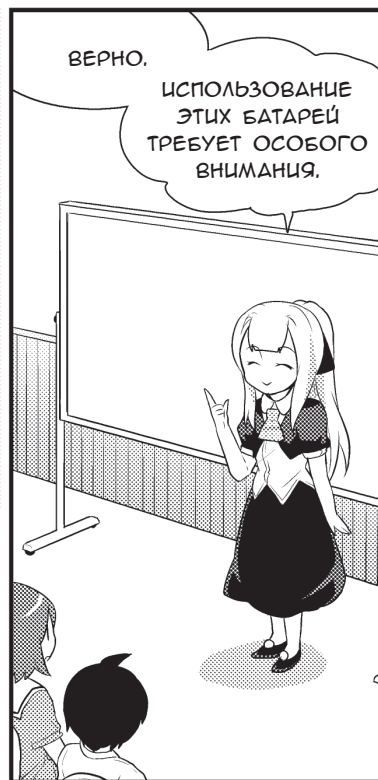
ОСОБЕННОСТЬЮ  
ЭТИХ БАТАРЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ  
ИСПОЛЗОВАНИЕ ТВЕРДОГО  
ЭЛЕКТРОЛИТА -  $\beta$ -АЛЮМИНАТА  
( $\text{Na}_2\text{O}$ ) $_{1+x}$  ·  $11\text{Al}_2\text{O}_3$ .



ТВЕРДОГО  
ЭЛЕКТРОЛИТА?







### 3.3. СТАНДАРТЫ ВТОРИЧНЫХ БАТАРЕЙ

ИТАК,

МЫ ПОГОВОРИЛИ  
О РАЗНЫХ ВТОРИЧНЫХ  
БАТАРЕЯХ, И ДАВАЙТЕ  
В КОНЦЕ Я РАССКАЖУ  
ОБ ИХ СТАНДАРТАХ.

Символы для обозначения одиночных элементов питания

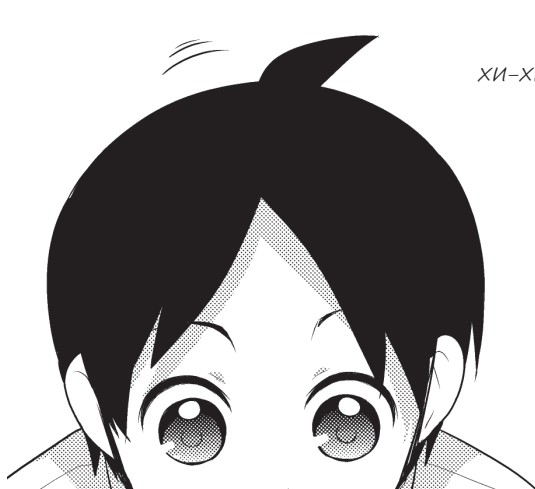
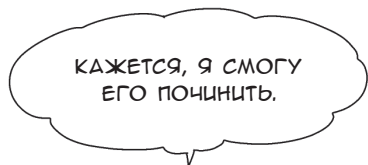
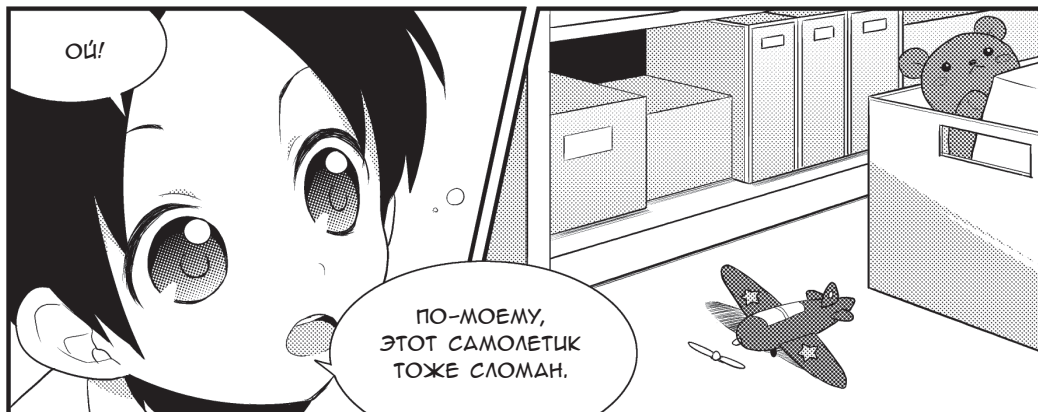
| Код               |                 | Вид                        | Катод                | Электролит                       | Анод                      | Номинальное напряжение (В) |
|-------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Вторичные батареи | H <sup>1</sup>  | Никель-водородные батареи  | Оксид никеля         | Щелочной водный раствор          | Водородо-содержащий сплав | 1,2                        |
|                   | K <sup>2</sup>  | Никель-кадмиевые батареи   | Оксид никеля         | Щелочной водный раствор          | Кадмий                    | 1,2                        |
|                   | IC <sup>3</sup> | Литий-ионные батареи       | Сложные оксиды лития | Неводный органический электролит | Углерод                   | 3,7                        |
|                   | PB              | Свинцово-кислотные батареи | Оксид свинца (IV)    | Серная кислота                   | Свинец                    | 2,0                        |

<sup>1</sup> Иногда используются обозначения: NH, NN, TH и т. д.

<sup>2</sup> Иногда используются обозначения: N, P и т. д.

<sup>3</sup> Иногда используются обозначения: CG, ICP, LIP, U, UP и т. д.

ВОТ ТАКИЕ СИМВОЛЫ  
ИСПОЛЗУЮТСЯ  
ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПО  
СТАНДАРТАМ ДЛЯ ВТОРИЧНЫХ  
БАТАРЕЙ.



ХИ-ХИ



# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

## Срок службы и износ вторичных батарей

По мере постоянного использования вторичных батарей время их работы становится все короче, и наконец в какой-то момент их уже становится невозможно зарядить. Существуют различные причины потери емкости батарей, и они зависят от типа батарей.

Как уже было сказано выше, причиной износа свинцово-кислотных батарей является сульфатация и коррозия электродов.

Срок службы литий-ионных батарей считается законченным, когда емкость батареи снижается до 60 % от первоначальной. В отличие от других вторичных батарей, основной причиной износа литий-ионных аккумуляторов считается образование пленки на поверхности активных веществ положительного и отрицательного электродов. В заряженном состоянии электроды очень активны, и поэтому они постепенно вступают в реакцию с органическим растворителем в электролите, в результате чего образуется покрытие из органических и неорганических соединений с содержанием лития. В процессе образования этой пленки расходуются участвующие в работе батареи ионы лития и электролит, что в результате и приводит к ухудшению работы батареи. Таким образом, причины снижения емкости батареи очень сложны.

## Что такое перезаряд и переразряд?

Перезарядом батареи называется состояние, когда батарея заряжается сверх номинальной емкости. Разрядная емкость батареи определяется количеством активного вещества, содержащегося внутри корпуса батареи. Принимая во внимание безопасность батареи, количество активного вещества на положительном и отрицательном электродах обычно разное. На каком-то из электродов активного вещества больше. Поэтому разрядную емкость определяют количеством того активного вещества, которого меньше.

Зарядка продолжается до тех пор, пока не заполнится емкость меньшего по количеству активного вещества, при этом часть другого активного вещества останется незаряженной. Пока батарея в норме, это не вызывает никаких проблем. Однако с течением времени емкость батареи уменьшается, а зарядное устройство при этом пытается заряжать ее до установленной емкости. Поэтому активное вещество меньшего количества вынуждено вступать в другие реакции. При этом, например, может разрушаться структура активного вещества



или выделяться газ вследствие электролиза раствора электролита. А подобные явления довольно опасны.

Поэтому вторичные батареи снабжены клапаном безопасности, выводящим наружу скопившийся внутри батареи газ тогда, когда внутреннее давление в батарее превысит установленный уровень. Кроме того, если перезарядка будет продолжаться в литий-ионных батареях, то начнется разложение электролита, что в итоге приведет к реакции положительного электрода с электролитом. На перезаряженном положительном электроде начнут разрушаться кристаллы, выделяя кислород. Реакция окисления электролита идет с выделением тепла. В результате внутри батареи возрастет температура.

При продолжающемся повышении температуры может возникнуть реакция, называемая **тепловой разгон**, опасность которой в том, что она может сопровождаться дымом и огнем. Поэтому, чтобы не допустить перезарядку литий-ионных батарей, их снабжают защитной системой.

С другой стороны, перезаряд батареи происходит, когда по какой-либо причине батарея разряжается больше, чем допускает ее емкость. В таком случае из-за электролиза раствора электролита в батарее также образуется газ.

Перезаряд и перезаряд аккумуляторов чаще возникают при последовательном соединении нескольких батарей. Естественно, при создании аккумулятора из нескольких батарей используются батареи одинаковой емкости, однако после нескольких циклов зарядки-разрядки непременно в одной из батарей емкость станет меньше, чем в прочих батареях системы. И такая батарея будет подвергаться перезаряду и перезаряду.

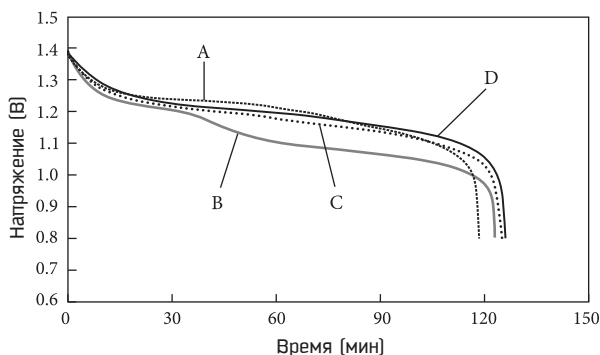
В космических спутниках используются системы из множества литий-ионных батарей. Чтобы избежать описанной выше опасности, каждая батарея снабжена датчиками давления и температуры. Как только обнаруживаются отклонения от нормы данных показателей, компьютер немедленно исключает такую батарею из системы.

По указанным выше причинам при использовании нескольких марганцевых или щелочных сухих батарей необходимо выбирать батареи одного производителя. Кроме того, следует избегать одновременного использования старых и новых батарей. Например, если использовать 4 последовательно соединенные батареи ( $1,5 \text{ В} \times 4 = 6 \text{ В}$ ), одна из которых старая с меньшей емкостью, то эта батарея разрядится раньше других, а в системе еще останется 4,5 В. Поэтому старая батарея будет перезарядаться, в ней произойдет электролиз раствора электролита и образуется газ. В результате чего батарея может вздуться и протечь.

## Эффект памяти

Никель-водородные батареи могут заряжаться и разряжаться до 500 раз. Однако если их начать заряжать, когда емкость батареи еще полностью не исчерпана, то разрядная емкость такой батареи будет уменьшаться. Такое странное свойство

батарей называют **эффектом памяти**. Это явление не означает, что батарея изнашивается. В данном случае это выглядит так, как будто при подзарядке не разряженной до конца батареи остаточная зарядная емкость как бы запоминается, и при разряде отдается только эта **запомненная** емкость. Поэтому эффект и называется **эффектом памяти**. На самом деле при повторяющейся зарядке не полностью разряженной батареи снижается разрядное напряжение (как показано на рис. 3.1 кривой В). И так как величина эффективного разрядного напряжения падает, то емкость и время разряда тоже уменьшаются.



А: Нормальная батарея.

В: Разрядная кривая после примерно 300 раз неполного разряда и заряда батареи.

С: Разрядная кривая после зарядки, произведенной после измерения В.

Д: Разрядная кривая после зарядки, произведенной после измерения С.

Чтобы продемонстрировать эффект памяти (В), батарею 300 раз разряжали до 1,2 В с силой тока 50 мА, а затем заряжали на протяжении 16 ч с силой тока 50 мА. Разрядный ток для А-Д равен 250 мА, а зарядный ток равен 50 мА на протяжении 16 ч

*Рис. 3.1. Кривые разряда вторичных никель-водородных батарей типа АА (при 30 °С)*

Если после возникновения эффекта памяти с помощью специального устройства несколько раз повторить полную разрядку и зарядку батареи, то ее емкость восстановится, как это показано на рисунке кривыми С и D. Зарядные устройства современных никель-водородных батарей снабжены функцией предотвращения эффекта памяти. Считается, что причиной возникновения эффекта памяти является перезаряд батареи, приводящий к изменению кристаллической структуры  $\beta$ -метагидроксида никеля и превращению его в  $\gamma$ -метагидроксид никеля на положительном электроде. А  $\gamma$ -метагидроксид никеля обладает меньшим электрическим потенциалом и большим сопротивлением, чем  $\beta$ -метагидроксид никеля.

## Безопасность литий-ионных батарей

В литий-ионных батареях используются легковоспламеняющиеся органические растворители, представляющие собой продукт нефтепереработки. Поэтому в литий-ионных батареях устанавливают намного больше различных приспособлений для предотвращения аварии, чем в батареях с водными растворами. Например, внутри батареи установлен предохранитель, отключающий ток при высокой температуре (РТС-термистор). Если же внутри батареи повышается давление, то, чтобы предотвратить взрыв, через газоотводный клапан образовавшийся газ выводится наружу. Еще, например, используют сепараторы с низкой температурой плавления (если температура станет выше температуры плавления, сепаратор расплавится, его поры закупориваются, и поток ионов остановится).

Кроме того, аккумуляторные блоки, системы из нескольких батарей и зарядные устройства снабжаются приспособлениями и предохранителями для защиты от перегрева, перезаряда, переразряда или перегрузки. Однако если перегрев, удар, перезаряд или протечка электролита происходят вместе с внутренним коротким замыканием, то система защиты может не сработать или сработать неэффективно. И тогда все равно произойдет авария.

В связи с этим в 2007 году Японская ассоциация производителей электроники и информационных технологий (JEITA) совместно с Японской ассоциацией производителей батарей (BAJ) выпустила «Руководство по безопасному использованию вторичных литий-ионных аккумуляторов, предназначенных для ноутбуков».

Кроме того, для предотвращения возгораний чрезвычайно важно выпускать батареи без дефектов. И батареи должны быть сделаны так, чтобы даже при наличии производственных дефектов они не воспламенялись. В 2007 году в Японских производственных стандартах было принято постановление о проверке безопасности литий-ионных аккумуляторов для портативных электронных устройств (JIS C 8714). Более того, на заседании Палаты советников были приняты поправки к Закону о безопасности потребительских товаров (Закон о безопасности) и к Закону о безопасности электротоваров (Закон об электробезопасности).

С 20 ноября 2008 года по национальному стандарту безопасности все литий-ионные батареи, включая импортные, относятся к **специальным товарам** и подвергаются обязательной независимой экспертизе, проверяющей батареи на соответствие упомянутому выше стандарту JIS. Было также утверждено испытание на безопасность батарей, которое нацелено установить, что даже при случайном смешивании час-

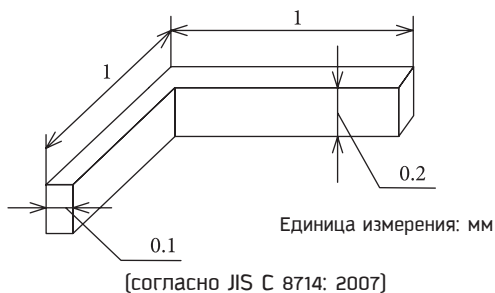


Рис. 3.2. Форма частицы никеля

тиц металлов в процессе производства не произойдет возгорание батареи вследствие короткого замыкания. Для этого испытания заготавливают мелкие частицы никеля в форме, представленной на рис. 3.2. Затем специалисты выбирают самую активную заряженную батарею и, принимая соответствующие защитные меры, очень аккуратно разбирают ее. Затем, как показано на рис. 3.3, между электродами помещают частицу никеля, после чего собирают батарею обратно. Далее, если опустить детали, специалисты должны убедиться, что батарея не воспламенится при увеличении в ней давления, даже если возникнет короткое замыкание между электродами.

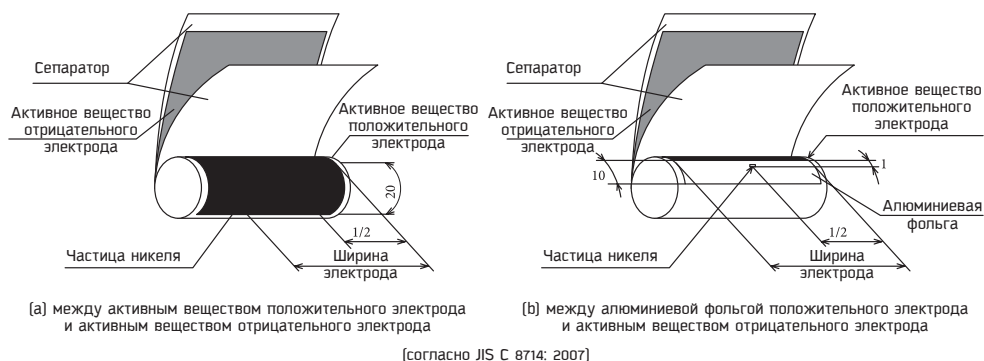


Рис. 3.3. Места размещения частиц никеля в цилиндрических батареях

Кроме этого, был принят еще ряд правил по безопасности литий-ионных батарей, они представлены в табл. 3.1. Касательно безопасности таких батарей Япония является признанным лидером в мире.

## Электромобили. Система управления

В электромобилях (EV – Electric Vehicle) вместо бензинового двигателя используется электродвигатель. Вспомнив историю, надо сказать, что электромобили использовались в Лондоне и Нью-Йорке еще в XIX веке. Однако во второй половине XIX века немцы Карл Бенц и Готтлиб Даймлер изобрели недорогие автомобили на бензиновом двигателе, после чего электромобили исчезли с горизонта.

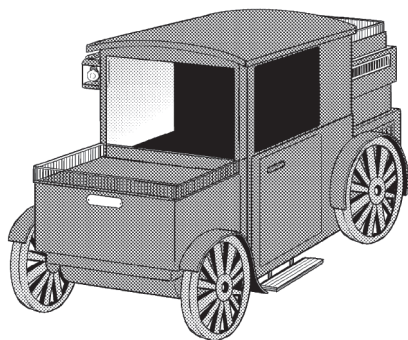


Рис. 3.4. Электромобиль начала XX века

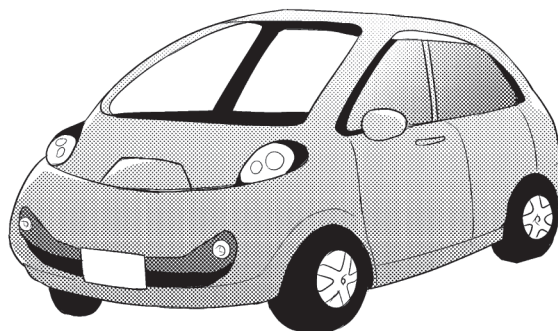
Но во второй половине XX века, когда стали актуальными проблемы окружающей среды, электромобили снова привлекли к себе внимание. В то время как бензиновые двигатели загрязняют окружающую среду, например, оксидом азота, электромобили не производят



**Таблица 3.1. Правила, регулирующие безопасность литий-ионных батарей**

| Код правила | Название                                                                                                      | Организация                                                                                                                          | Год принятия     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Нет         | Руководство по оценке безопасности литиевых батарей для фотокамер                                             | Японская ассоциация производителей батарей (BAJ)                                                                                     | 1988 (пересмотр) |
| UL 1642     | A safety standard for lithium batteries                                                                       | Underwriters Laboratories Inc (UL)                                                                                                   | 2007 (пересмотр) |
| SBA G 1101  | Руководство по оценке безопасности вторичных литий-ионных батарей                                             | Японская ассоциация производителей батарей (BAJ)                                                                                     | 1997             |
| JIS C 8711  | Вторичные литиевые батареи для портативного оборудования                                                      | Японские промышленные стандарты (JIS)                                                                                                | 2006             |
| JIS C 8712  | Безопасность герметичных малых вторичных батарей                                                              | Японские промышленные стандарты (JIS)                                                                                                | 2006             |
| JIS C 8713  | Испытание герметичных малых вторичных батарей                                                                 | Японские промышленные стандарты (JIS)                                                                                                | 2006             |
| JIS C 8714  | Проверка безопасности литий-ионных батарей для портативных электронных устройств                              | Японские промышленные стандарты (JIS)                                                                                                | 2007             |
| Нет         | Руководство по безопасному использованию вторичных литий-ионных аккумуляторов, предназначенных для ноутбуков  | Японская ассоциация производителей электроники и информационных технологий (JEITA), Японская ассоциация производителей батарей (BAJ) | 2007             |
| SBA S 1101  | Проверка безопасности вторичных литиевых батарей для промышленного использования (одиночных и блоков батарей) | Японская ассоциация производителей батарей (BAJ)                                                                                     | 2011             |
| UN3846      | Рекомендации ООН по транспортировке опасных грузов                                                            | Комитет ООН по перевозке опасных грузов                                                                                              | 2001             |

ни загрязняющих атмосферу оксидов азота  $\text{NO}_x$ , ни являющегося причиной глобального потепления углекислого газа  $\text{CO}_2$ . Более того, у электромобилей низкий уровень шума и вибрации, что тоже благоприятно для окружающей среды.



*Рис. 3.5. Электромобиль*

В конструкцию электромобиля входят приводная батарея, приводной двигатель и управляющее устройство.

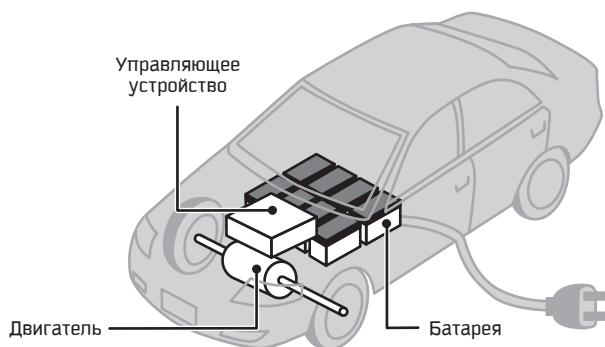


Рис. 3.6. Устройство электромобиля

В качестве приводных батарей в электромобилях используются, например, свинцово-кислотные, никель-водородные, литий-ионные аккумуляторы. Однако самыми популярными из них являются литий-ионные аккумуляторы, с самой высокой энергетической плотностью.

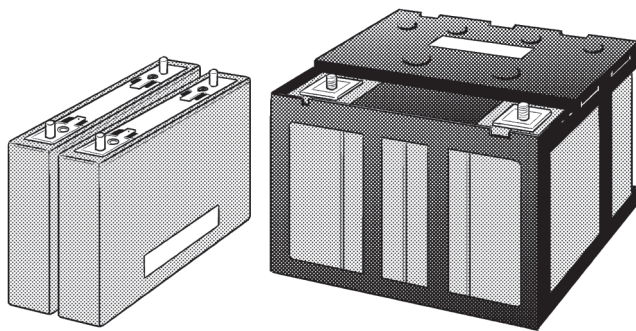


Рис. 3.7. Батареи, используемые в электромобилях

В качестве приводных двигателей используются двигатели и переменного, и постоянного тока. Но в настоящее время особой популярностью пользуется обладающий отличной энергоэффективностью синхронный двигатель (SM: Synchronous Motor) с постоянными магнитами. В роторе этого двигателя используется мощный магнит из редкоземельных металлов, например неодима. В статоре двигателя помещается катушка, создающая вращающееся магнитное поле, скорость вращения которого пропорциональна частоте переменного тока, подаваемого на катушку.

Месторождения редкоземельных металлов, необходимых для производства мощных магнитов, есть далеко не во всех странах, следовательно, существует большой риск их недопоставки. Поэтому постоянно ведутся исследования ферромагнитных материалов, не содержащих редкоземельные металлы. Кроме того, уже разработаны мощные двигатели с новой структурой, использующие недорогие ферритовые магниты.

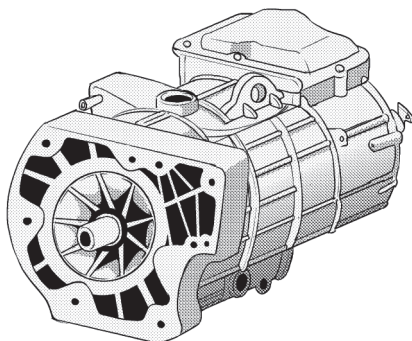


Рис. 3.8. Синхронный двигатель с постоянными магнитами

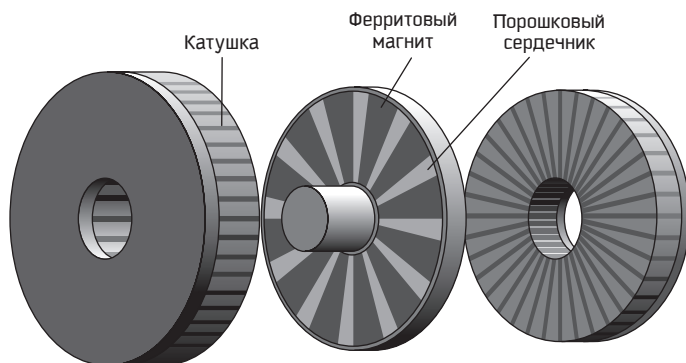


Рис. 3.9. Высокоэффективный двигатель с осевым люфтом и сегментированным ротором, использующим ферритовый магнит

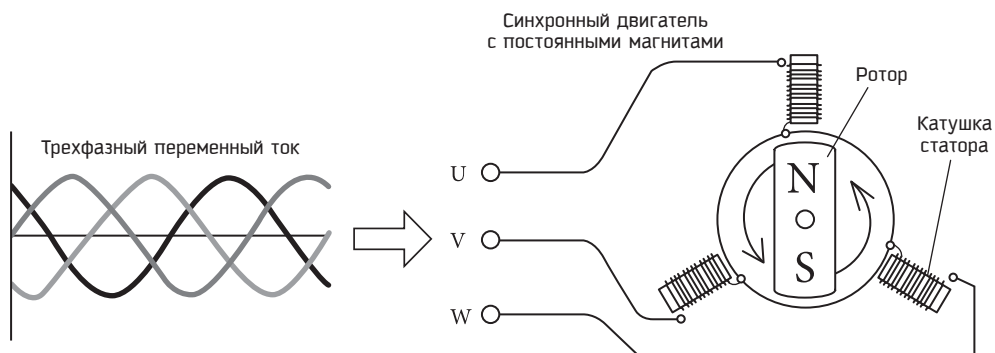


Рис. 3.10. Принцип работы синхронного двигателя с постоянными магнитами

Привод двигателя, свободно меняя частоту и напряжение с помощью VVVF инвертора (частотно регулируемого привода: Variable Voltage Variable Frequency), который преобразует хранимое в батарее постоянное напряжение в трехфазный ток, управляет скоростью вращения.

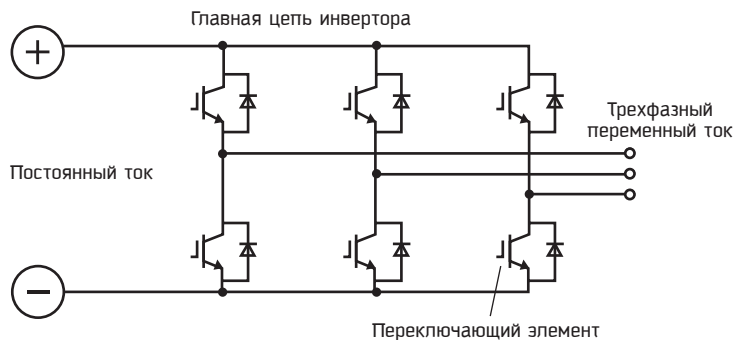


Рис. 3.11. Схема инвертора

Чтобы получить необходимый вращающий момент, в двигателе используется векторное управление, которое разделяет ток на магнитную составляющую и составляющую вращающего момента. Кроме того, была разработана система бессенсорного управления, когда в самом двигателе не установлено никаких сенсоров (например, датчика местоположения), а вращающий момент и частота рассчитываются математически по току от каждой катушки.

Синхронный двигатель с постоянными магнитами может использоваться и как электрогенератор. При нажатии на тормоз в автомобиле с бензиновым двигателем энергия движения превращается в тепловую энергию и выбрасывается в атмосферу. А двигатели электромобилей при снижении скорости становятся генераторами, и установленные в электромобилях рекуперативные тормоза превращают кинетическую энергию в электроэнергию и подзаряжают батарею автомобиля.

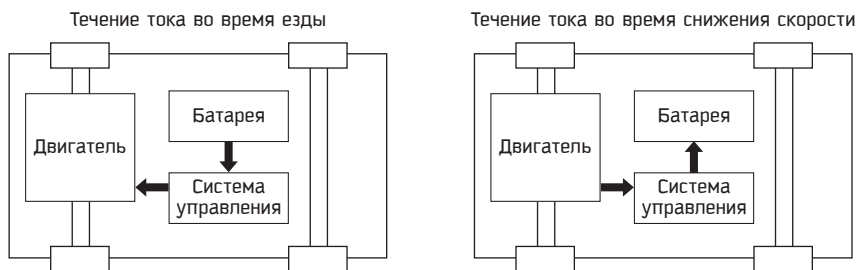


Рис. 3.12. Рекуперативные тормоза



Хотя электромобили имеют ряд преимуществ перед автомобилями на бензиновых двигателях, например они гораздо тише, не выделяют  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_x$ , но пока они имеют и много недостатков, над которыми еще нужно работать. Так, электромобили после одной подзарядки могут перемещаться на сравнительно небольшие расстояния, и зарядка их требует довольно много времени. Существует также опасность того, что пешеходы могут не заметить приближения электромобиля из-за его бесшумности. Поэтому приходится использовать, например, искусственные сигналы.

## Зависимость времени использования (время разряда) от температуры

В батареях протекают химические реакции, а так как в общем случае при повышении температуры скорость химической реакции увеличивается, то и в батарее с увеличением температуры увеличится рабочее напряжение и ток, и время разряда возрастет. На рис. 3.13 представлены кривые разряда цилиндрической литий-ионной батареи (18650, диаметр 18,1 мм, высота 64,4 мм, номинальная емкость 2150 мАч), разряжаемой с постоянным током 0,25 А. Как видно по рисунку, чем выше температура, тем больше разрядная емкость, другими словами, тем дольше батарея будет работать. Если перенести переставшую работать в условиях низкой температуры батарею в более теплое место, то ее еще можно будет использовать. И это условие одинаково и для марганцевых сухих батарей, и для щелочных батарей, и для пуговичных батарей.

Однако при высоких температурах увеличивается возможность саморазрядки батареи, особенно если она долгое время не используется. В таком случае возможное время использования батареи, наоборот, сокращается. Поэтому рекомендуемая рабочая температура – не выше 60 °С.

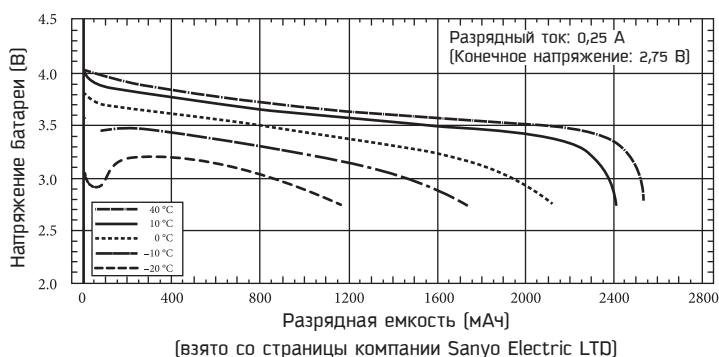


Рис. 3.13. Разрядные кривые цилиндрической литий-ионной батареи (18650)

## Космические спутники и батареи

В настоящее время в космос запущено множество спутников, которые отправляют на землю ценную информацию. Для этого необходимо электричество, и спутники снабжены солнечными и вторичными батареями. На спутниках нельзя использовать только солнечные батареи, потому что при попадании в тень Земли они перестают производить энергию. Поэтому во время выработки энергии солнечными батареями вторичные батареи заряжаются от них.

На высадившемся на поверхность Луны в июле 1969 года корабле «Аполлон-11» и на множестве космических спутников того же времени использовались никель-кадмиевые вторичные батареи и щелочные топливные элементы. Затем никель-кадмиевые вторичные батареи заменили на никель-водородные батареи, которые используются по настоящее время.

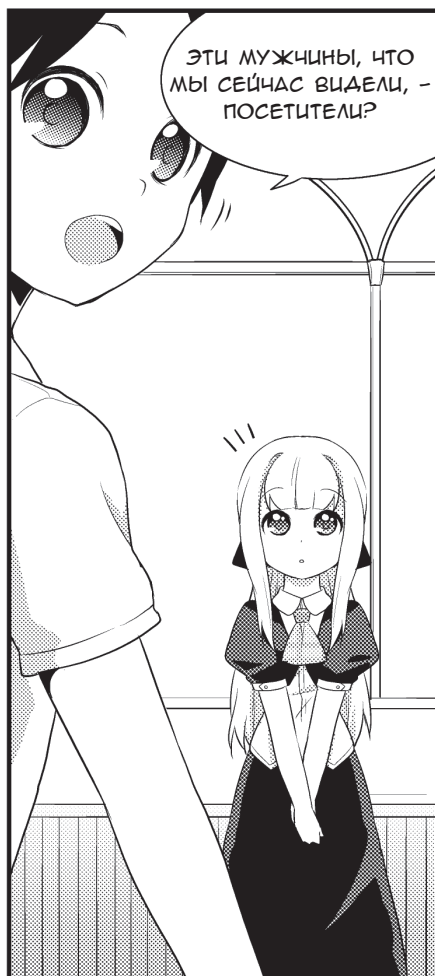
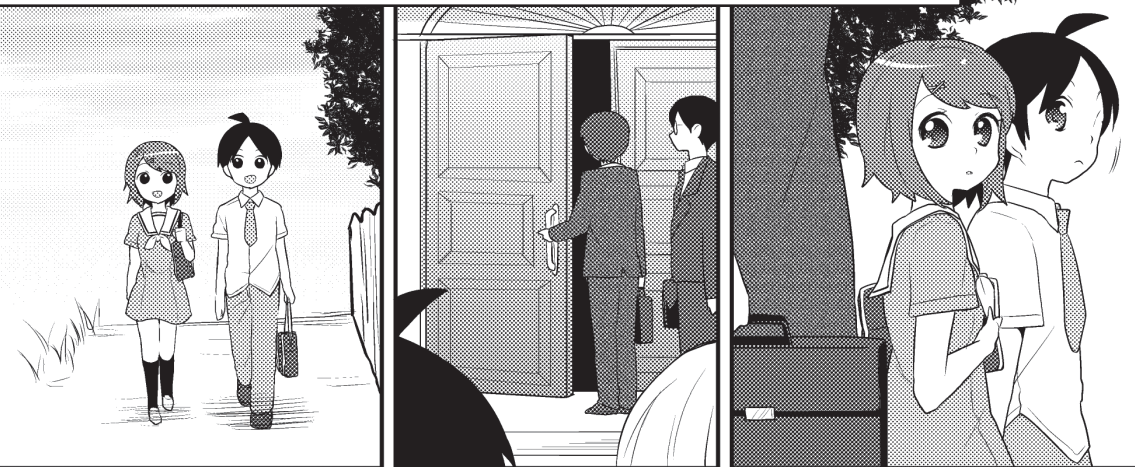
13 июня 2010 года на Землю чудом вернулся космический аппарат «Хаябуса», на котором успешно использовались литий-ионные аккумуляторы. Несмотря на ряд аварийных ситуаций, «Хаябуса» совершил взлет, гравитационный маневр, посадку на астероид Итокава, произвел наблюдения и забор грунта на Итокаве. На протяжении всего этого долгого периода аккумуляторы использовались как резервный источник энергии для самых разных приборов<sup>1</sup>. Эти литий-ионные аккумуляторы представляли собой систему из нескольких элементов. При заборе грунта на Итокаве возникли проблемы, и один из элементов литий-ионного аккумулятора получил повреждения. Однако аккумулятор был необходим, чтобы закрыть крышку на контейнере для сбора грунта, и в сложившихся трудных обстоятельствах миссия была успешно завершена благодаря использованию оставшихся неповрежденными элементов. Таким образом, после 7 лет космического полета «Хаябуса» вернулся в атмосферу Земли и успешно доставил капсулы с образцами грунта. На аппарате «Акацуки», отправленном на исследование Венеры, тоже используются литий-ионные аккумуляторы. Вероятно, что еще многие космические аппараты в будущем будут также использовать эти аккумуляторы.

<sup>1</sup> Технические новости FB. 2011. № 66. С. 56; 2012. № 67. С. 1, 29.

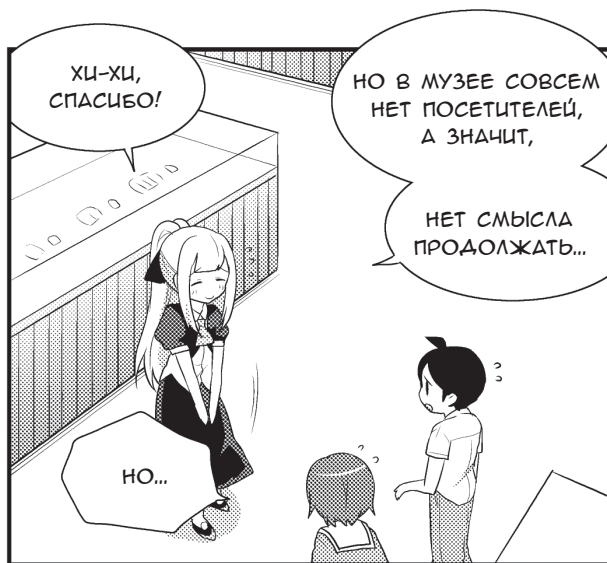
## ГЛАВА 4

# ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

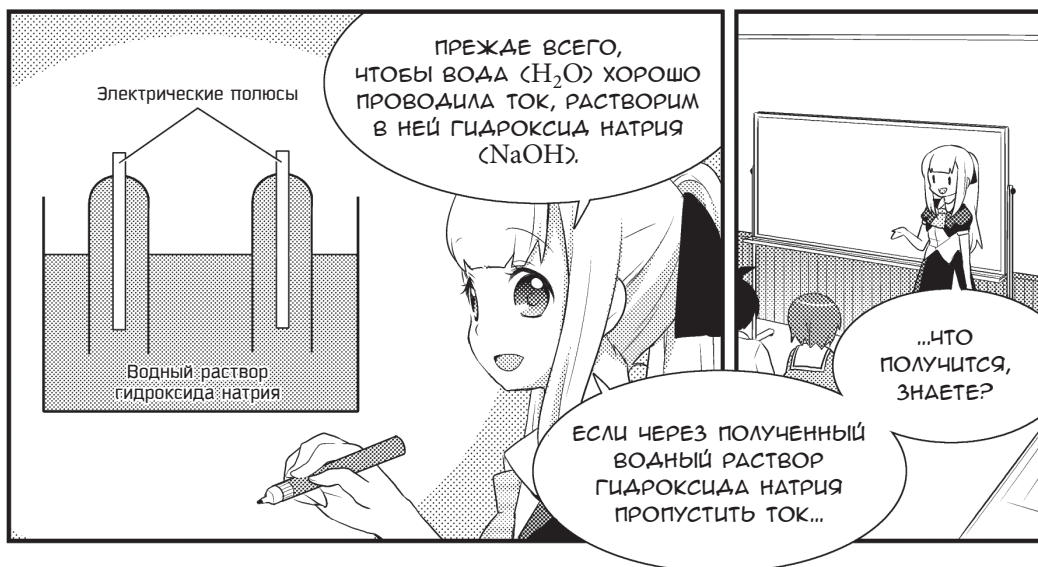
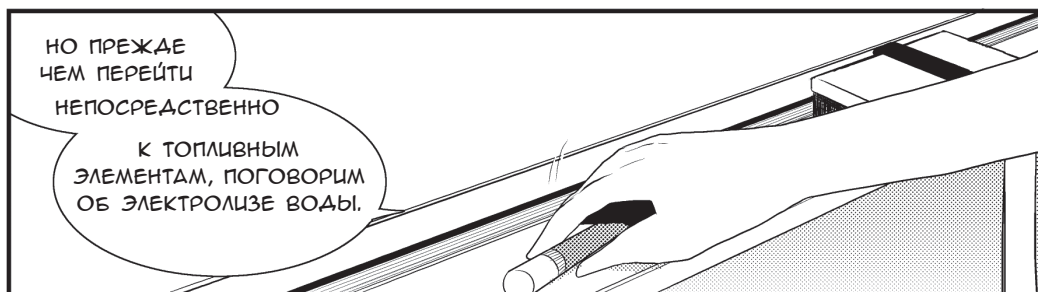
## Ч.1. ЭЛЕКТРОЛИЗ И ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



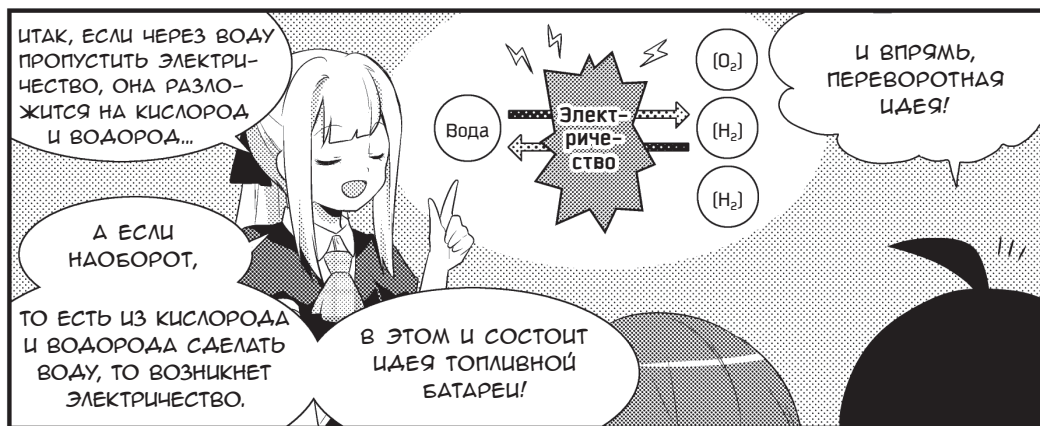
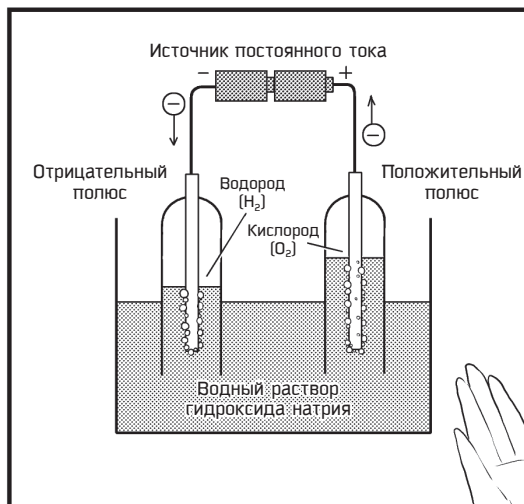
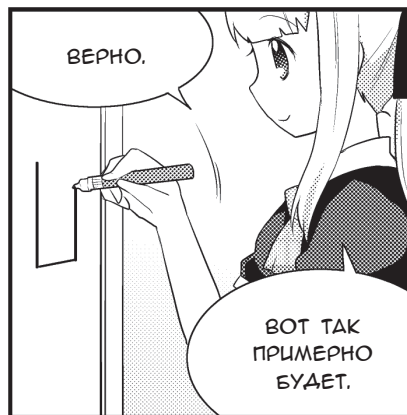














ИМЕННО!

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
БЕЗ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО  
СЖИГАНИЯ ВОДОРОДА,  
А ЛИШЬ ВСЛЕДСТВИЕ  
ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ  
ВОДОРОДА С КИСЛОРОДОМ  
ВЫРАБАТЫВАЮТ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

ПРИ ЭТОМ НЕ ОБРАЗУЕТСЯ  
ВРЕДНОГО УГЛЕКИСЛОГО  
ГАЗА, ПОЭТОМУ ТАКУЮ  
ЭНЕРГИЮ НАЗЫВАЮТ  
ЧИСТОЙ.

КСТАТИ ГОВОРЯ,  
ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
БЫЛИ ИЗОБРЕТЕННЫ  
В 1839 ГОДУ  
АНГЛИЧАНИНОМ  
УИЛЬЯМОМ ГРОВЕ.

А КАК ВОЗНИКАЕТ  
ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ  
МЕЖДУ ВОДОРОДОМ  
И КИСЛОРОДОМ?

ЧТОБЫ ОБЪЯСНИТЬ  
ЭТО,

ПОДРОБНО  
РАССМОТРИМ, ЧТО  
ПРОИСХОДИТ ПРИ  
ЭЛЕКТРОЛИЗЕ ВОДЫ.

ВО ВРЕМЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА  
НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ  
ЭЛЕКТРОНЫ ВЗАИМОДЕЙСТ-  
ВУЮТ С ВОДОЙ И ОБРАЗУЮТ  
ВОДОРОД И ГИДРОКСИД-  
ИОНЫ.

Электрон

Вода

Водо-  
род

Гидроксид-ион

ПРИ ЭТОМ  
ГИДРОКСИД-ИОНЫ ( $\text{OH}^-$ )  
ОСТАЮТСЯ.

**СКРИП**

ОСТАВЛЕННЫЕ ГИДРОКСИД-ИОНЫ ПОПАДАЮТ В ЭЛЕКТРОЛИТ И ПЕРЕМЕЩАЮТСЯ К ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ.

Электрон

Кислород

Гидроксид-ион

ГИДРОКСИД-ИОНЫ ОДАЮТ ЭЛЕКТРОНЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНОМУ ПОЛЮСУ И ПРЕВРАЩАЮТСЯ В КИСЛОРОД.

СООТНОШЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА БУДЕТ 2:1, ПОТОМУ ЧТО ВОДОРОДА ОБРАЗУЕТСЯ В 2 РАЗА БОЛЬШЕ, ЧЕМ КИСЛОРОДА.

Электричество

Молекула кислорода

Молекулы водорода

Вода

А ЕСЛИ В ЭТУ СИСТЕМУ ВМЕСТО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ПОДСОЕДИНИТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЛАМПОЧКУ...

КАК ДУМАЕТЕ, ЧТО ТОГДА ПОЛУЧИТСЯ?

Электрическая лампа

Отрицательный полюс

Водород

Кислород

Положительный полюс

Водный раствор гидроксида натрия

ЕСЛИ ВОЗНИКНЕТ РЕАКЦИЯ, ОБРАТНАЯ ЭЛЕКТРОЛИЗУ ВОДЫ...

СВЕТ

...ЛАМПА ЗАГОРИТСЯ!

ИМЕННО ТАК.

ХОТЬ И КОРОТКОЕ  
ВРЕМЯ, НО ЛАМПОЧКА  
БУДЕТ ГОРЕТЬ!



Воздушный  
электрод

Топливный  
электрод

В ТОПЛИВНЫХ  
ЭЛЕМЕНТАХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ  
ПОЛЮС НАЗЫВАЮТ  
**ВОЗДУШНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ**,  
А ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ –  
**ТОПЛИВНЫМ**.

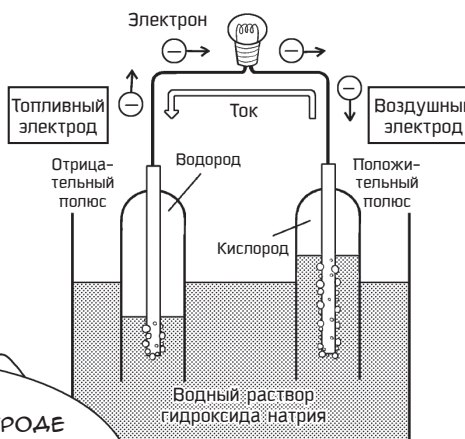
ТЕПЕРЬ  
РАССМОТРИМ  
ПОДРОБНЕЕ РЕАКЦИЮ,  
ПРОИСХОДЯЩУЮ  
В ТОПЛИВНЫХ  
ЭЛЕМЕНТАХ.



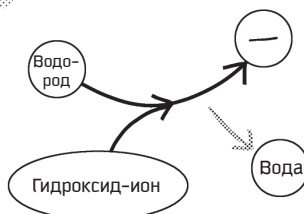
НА ТОПЛИВНОМ ЭЛЕКТРОДЕ  
ГИДРОКСИД-ИОНЫ ЭЛЕКТРОЛИТА  
ВСТУПАЮТ В РЕАКЦИЮ  
С ВОДОРОДОМ И ОБРАЗУЮТ  
ВОДУ.

В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭТОЙ РЕАКЦИИ  
НА ТОПЛИВНОМ ЭЛЕКТРОДЕ  
ОСТАЮТСЯ ЭЛЕКТРОНЫ.

ЭТИ ЭЛЕКТРОНЫ  
ПО ПРОВОДУ ДВИГАЮТСЯ  
К ВОЗДУШНОМУ  
ЭЛЕКТРОДУ.



А ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ  
НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ  
ПОЛЮСЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ  
ЭЛЕКТРОНЫ И ВОДА,  
ОБРАЗУЯ ВОДОРОД  
И ГИДРОКСИД-ИОНЫ.



ТЕПЕРЬ ЖЕ ВСЕ  
НАОБОРОТ, ПОЭТОМУ  
РЕАКЦИЯ И НАЗЫВАЕТСЯ  
ОБРАТНОЙ, ДА?



АГА, ВСЕ С ТОЧНОСТЬЮ ДО НАОБОРОТ.

Кислород

Вода

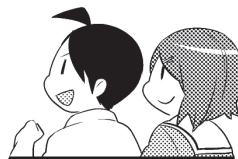
Гидроксид-ион

В ЭТО ВРЕМЯ НА ТОПЛИВНОМ ЭЛЕКТРОДЕ ЭЛЕКТРОНЫ, ПРИШЕДШИЕ ПО ПРОВОДУ ОТ ВОЗДУШНОГО ЭЛЕКТРОДА, ВСТУПАЮТ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С КИСЛОРОДОМ И ВОДОЙ И ОБРАЗУЮТ ГИДРОКСИД-ИОНЫ.

А ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ПОЛЮСЕ ГИДРОКСИД-ИОНЫ ОТАВАЛИ ЭЛЕКТРОНЫ, ПРЕВРАЩАЯСЬ В КИСЛОРОД.

ЗНАЧИТ, И ЗАЕСЬ ТОЖЕ ОБРАТНАЯ РЕАКЦИЯ!

АГА.



ТАКИМ ВОТ ОБРАЗОМ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ...

...ИЗ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ПРОИЗВОДИТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

ОДНОВРЕМЕННО С ЭТИМ ВЫДЕЛЯЮТСЯ ВОДА И ТЕПЛО.

Молекула кислорода

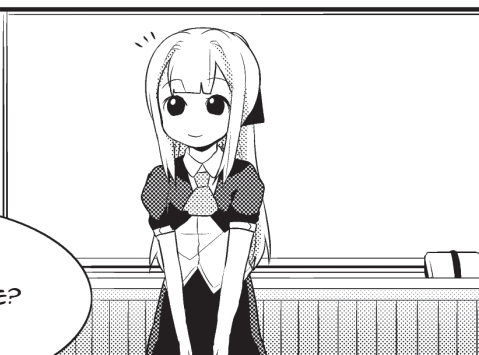
Молекулы водорода

Электричество

Тепло

Вода



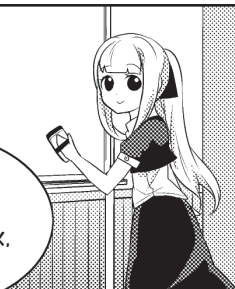


\* Кстати говоря, в воздухе содержится только около 20 % кислорода, остальное – это азот.

## Ч.2. ВИДЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

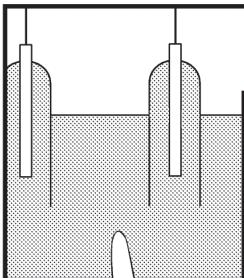
ЧТО? ЗНАЧИТ, В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ НЕ ТОЛЬКО КИСЛОРОД И ВОДОРОД?

А ТЕПЕРЬ  
ДАВАЙТЕ  
Поговорим  
О ВИДАХ ТОПЛИВНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ  
ОТЛИЧИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТАХ.



НЕТ, КИСЛОРОД  
И ВОДОРОД  
ОСТАЮТСЯ.

МЕНЯЮТСЯ  
ЭЛЕКТРОЛИТЫ.



В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
ВИДА ЭЛЕКТРОЛИТОВ

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
МОЖНО ПОДРАЗДЕЛИТЬ НА:  
ЩЕЛОЧНЫЕ ТЭ, ТЭ НА  
ОСНОВЕ ФОСФОРНОЙ  
КИСЛОТЫ, ТЭ С ПРОТОНО-  
ОБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ,  
ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ  
ОКСИДНЫЕ ТЭ,

ТЭ НА ОСНОВЕ  
РАСПЛАВЛЕННОГО  
КАРБОНАТА.

Ver.1

Ver.2

Ver.3

Ver.4

Ver.5

ЗНАЧИТ,  
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,  
РАБОТАЮЩИХ  
НА ЧЁМ-ТО ДРУГОМ,  
НЕ СУЩЕСТВУЕТ?

ВМЕСТО ВОДОРОДА  
ИНОГДА ИСПОЛЬЗУЮТ  
МЕТАНОЛ, ТАКИЕ  
ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕН-  
ТЫ НАЗЫВАЮТСЯ  
МЕТАНОЛЬНЫМИ.



НО ЭТИ ТОПЛИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ ПОКА ЕЩЕ  
НАХОДЯТСЯ НА СТАДИИ  
ТЕСТИРОВАНИЯ.





ЩЕЛОЧНЫМИ  
НАЗЫВАЮТСЯ ТОПЛИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ, В КОТОРЫХ  
В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
ЩЕЛОЧНОЙ ГИДРОКСИД  
КАЛИЯ.

ЭТИ ТОПЛИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ ИСПОЛЬ-  
ЗОВАЛИСЬ ДАЖЕ НА  
КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЯХ  
"АПОЛЛОН".



НА КОСМИЧЕСКИХ  
КОРАБЛЯХ!



ХИ-ХИ.

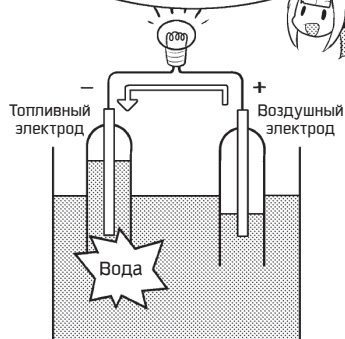


А МНЕ ПРАВЯТСЯ  
ЛЮДИ, КОТОРЫМ  
УДАЕТСЯ НА ВСЮ  
ЖИЗНЬ СОХРАНИТЬ  
ЭТОТ МАЛЬЧИШЕСКИЙ  
ДУХ.

ДА, КАК НИ КРУТО,  
СУСУМУ - ТИПИЧНЫЙ  
МАЛЬЧИШКА.

В ЩЕЛОЧНЫХ  
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ  
ГИДРОКСИД-ИОНЫ  
ОБРАЗУЮТСЯ НА  
ВОЗДУШНОМ ЭЛЕКТРОДЕ,  
ЗАТЕМ ПЕРЕНОСЯТСЯ  
ЭЛЕКТРОЛИТОМ

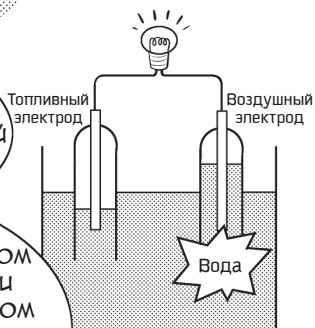
И НА ТОПЛИВНОМ  
ЭЛЕКТРОДЕ ВСТУПАЮТ  
В РЕАКЦИЮ С ВОДОРОДОМ,  
ОБРАЗУЯ ВОДУ.



А В ТОПЛИВНЫХ  
ЭЛЕМЕНТАХ

НА ОСНОВЕ  
ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ  
(ГДЕ РАСТВОР ФОСФОРНОЙ  
КИСЛОТЫ ЯВЛЯЕТСЯ  
ЭЛЕКТРОЛИТОМ)

ИОНЫ ВОДОРОДА  
ОБРАЗУЮТСЯ НА ТОПЛИВНОМ  
ЭЛЕКТРОДЕ, ДАЛЬШЕ ОНИ  
ПЕРЕНОСЯТСЯ ЭЛЕКТРОЛИТОМ  
К ВОЗДУШНОМУ ЭЛЕКТРОДУ,  
ГДЕ ВСТУПАЮТ В РЕАКЦИЮ  
С КИСЛОРОДОМ  
И ОБРАЗУЮТ ВОДУ.

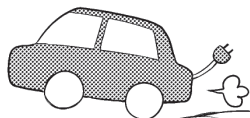


ЗНАЧИТ, ВОДА  
ОБРАЗУЕТСЯ В РАЗНЫХ  
МЕСТАХ?

ТАК И ЕСТЬ.

ОЖИДАЕТСЯ,  
ЧТО ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
С ПРОТОНООБМЕННОЙ  
МЕМБРАНОЙ БУДУТ ИСПОЛЬ-  
ЗОВАТЬСЯ В КАЧЕСТВЕ  
ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ  
В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ.

Топливный элемент  
с протонообменной мембраной



А ЧТО,  
В ДОМАШНЕМ  
ХОЗЯЙСТВЕ  
ТОПЛИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ СОВСЕМ  
НЕ ИСПОЛЬ-  
ЗУЮТСЯ?

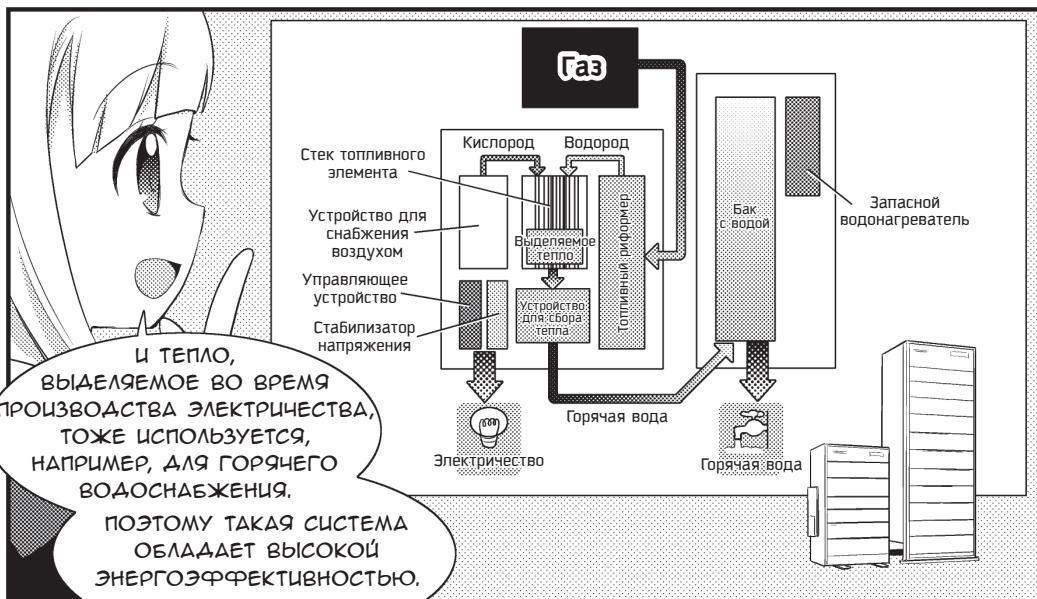


ИСПОЛЬ-  
ЗУЮТСЯ!

СРЕДИ  
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,  
ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ  
В ДОМАШНЕМ ХОЗЯЙ-  
СТВЕ, МНОГО ТАКИХ,

КОТОРЫЕ ПРОИЗВОДЯТ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПОСРЕДСТВОМ  
РЕАКЦИИ МЕЖДУ КИСЛОРОДОМ,  
ПОЛУЧЕННЫМ ИЗ ВОЗДУХА,  
И ВОДОРОДОМ, ИЗВЛЕЧЕННЫМ  
С ПОМОЩЬЮ РЕФОРМЕРА ИЗ  
ТОПЛИВА, ВРОДЕ ПРИРОДНОГО  
ИЛИ СЖИЖЕННОГО  
ГАЗА.





ЗНАЧИТ, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
ДОРОГОЕ СЫРЬЕ...

Ювелирные  
украшения

Топливные  
элементы

ох

эх

КАК НИ КРУТО,  
ВСЕГДА НУЖНЫ  
ДЕНЬГИ...

ПОСЛУШАЙТЕ!

СКАЖИТЕ

МОЖЕТ, ЭТО НЕСКОЛЬКО  
НЕОЖИДАННО, НО...

...ПОЗВОЛЬТЕ  
ВАМ ПОМОЧЬ!

УВЕРЕННО

эх?

?

ЧТО?

СТРАТЕГИЯ  
ВОЗРОЖДЕНИЯ  
МУЗЕЯ БАТАРЕЙ!

ВОТ!

НЕЛЬЗЯ ДОПУСТИТЬ,  
ЧТОБЫ ТАКОЙ  
ПРЕКРАСНЫЙ МУЗЕЙ  
ЗАКРЫЛСЯ!

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Хотя топливные элементы как таковые были изобретены в 1839 году англичанином Грове, принцип, на котором они основаны, был открыт другим англичанином, Дэви, еще в 1801 году. Затем временно забытые топливные элементы привлекли к себе внимание в 50-е годы XX века.

В 1952 году разработанный англичанином Бэконом щелочной топливный элемент, в котором в качестве электролита использовался гидроксид калия, был принят американской программой «Аполлон». И в 1969 году этим топливным элементом оснастили космический корабль «Аполлон», который успешно совершил посадку на Луну. Но то был проект национальной гордости США, и для его реализации не имела значения стоимость, поэтому в нем использовали топливные элементы. К сожалению, в обычной жизни топливные элементы не получили большого распространения из-за дороговизны. Превосходный принцип работы топливных элементов был открыт более 200 лет назад, и только в настоящее время наконец-то наступила пора их практического использования. Однако должно пройти еще немного времени, прежде чем они будут широко применяться, например, в электромобилях.

В 1860 году француз Планте изобрел свинцовый аккумулятор, а в 1865 году был изобретен предшественник сухих марганцевых батарей – элемент Лекланше, в котором положительным электродом служил диоксид марганца, отрицательным – цинк, а в качестве электролита использовался хлорид аммония. После чего эти батареи были преобразованы в сухие батареи в 80-е годы XIX века Гасснером, Хельсеном и Яи Сакизо. И вот уже на протяжении более чем ста лет эти батареи продолжают использоваться.

Топливные элементы довольно сильно отличаются от популярных до сих пор сухих марганцевых и свинцовых батарей. Почему же так много времени потребовалось для начала практического использования топливных элементов? Дело в том, что для того, чтобы приступить к практическому использованию топливных элементов, необходимо преодолеть одну большую техническую проблему. Об этом и пойдет речь ниже.

### Топливные элементы и платина

Используемые в топливных элементах водород ( $H_2$ ) и кислород ( $O_2$ ) при комнатной температуре являются очень стабильными молекулами. В процессе разрыва крепких связей Н–Н и О–О в этих молекулах и образования молекул воды ( $H_2O$ ) вырабатывается электричество. Благодаря использованию платины данная реакция образования воды проходит гладко, таким образом платина играет роль ка-

тализатора. На положительном и отрицательном электродах платина разрывает соединения в молекулах кислорода и водорода, образуя соединения  $Pt-O$  и  $Pt-H$ , из которых затем образуется вода. В настоящее время нет другого вещества, кроме дорогой платины, которое было бы способно быстро создать такое состояние на поверхности электродов. Грове в своих опытах использовал в качестве электродов платиновые пластины, что, естественно, не могло привести к массовому использованию таких топливных элементов.

Затем многие исследователи сосредоточили внимание на применении углеродных электродов, равномерно покрытых тонким слоем платины. В настоящее время толщину слоя платины на поверхности углеродных электродов удалось снизить до нанометра (нм, одна миллиардная метра) и даже меньше. Но и в этом случае для обеспечения топливными элементами одного электромобиля требуется от нескольких десятков до 100 г платины. Кроме того, для получения водорода из метана или спирта в риформере тоже используется платина. Исследования в области поиска более дешевой замены платиновому катализатору непрерывно продолжаются, однако для прорыва в этой сфере потребуется, по-видимому, еще некоторое время. Более того, при получении газообразного водорода в риформере иногда образуются примеси в виде угарного газа ( $CO$ ). Угарный газ легко проникает в платиновое покрытие, и в таком случае платина перестает выполнять функции катализатора (отравление катализатора), поэтому необходимо, чтобы в риформере образовывался газообразный водород высокой чистоты.

В настоящее время стоимость автомобилей на топливных элементах еще весьма высока. Например, если взять такой автомобиль в аренду, то ежемесячная выплата составит 840 тысяч иен (при аренде на 30 месяцев)<sup>1</sup>. Для повсеместного распространения таких автомобилей необходимо, чтобы их стоимость приблизилась к стоимости автомобилей на бензиновых двигателях, а для этого требуется больше инноваций. Например, топливным элементам на основе расплавленного карбоната и твердотельным оксидным топливным элементам не требуются катализаторы при работе в условиях высоких температур, но для их практического применения еще необходимо преодолеть множество проблем.

## Газообразный водород

В общем случае газообразный водород получается в результате электролиза воды, но возникает вопрос: откуда для этого берется электрическая энергия? В топливных элементах продуктом реакции является только вода, поэтому говорят, что вырабатывается чистая энергия. Однако при этом для электролиза используется электрическая энергия, произведенная атомными источниками энергии или полученная от сжигания топлива. Было бы куда лучше, если бы для этих целей использовалась гидроэнергетика, однако в Японии и без того уже используются практически все пригодные для гидроэлектростанций места. В настоящее время думают о том, чтобы использовать дополнительные мощности в ночное время.

<sup>1</sup> Источник: сайт компании Тойота: [http://www.toyota.co.jp/jp/news/08/Aug/nt08\\_054.html](http://www.toyota.co.jp/jp/news/08/Aug/nt08_054.html).



Также рассматриваются варианты применения возобновляемых источников энергии (солнечных батарей, ветряных установок, геотермальной энергии, энергии приливов и т. д.), но в таком случае возникает множество проблем, решения которых еще не найдены. Еще одна проблема: если необходимое количество кислорода, когда он требуется, можно взять из воздуха, то вопрос хранения запаса водорода остается открытым. Сейчас на стадии испытаний находится автомобиль на топливных элементах, в котором для целей хранения водорода используются тяжелые металлические цилиндры. В то же время продолжаются исследования легких сплавов, способных поглощать большое количество газообразного водорода, однако пока не найдено решения, которое может быть использовано на практике. Более того, необходимо построить сеть заправочных станций, где так же легко, как на бензозаправках, можно будет пополнить запас водорода.

## Технология изготовления электродов

Теоретическое напряжение топливного элемента (идеальное напряжение при отсутствии тока) равно 1,23 В, рабочее же напряжение равно 0,7–0,8 В. Чтобы топливные элементы можно было использовать, как и имеющиеся в продаже другие источники питания, необходимо увеличить их напряжение. На практике сначала делают одиночные элементы, состоящие из наложенных друг на друга пластинчатых электродов, электролита и сепараторов, а затем, для увеличения мощности, несколько одиночных элементов соединяют друг с другом, получая так называемый блок.

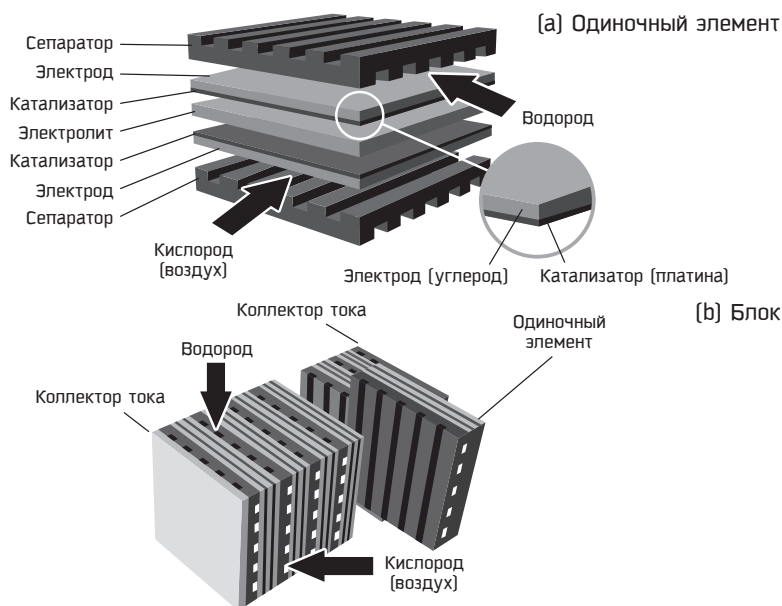


Рис. 4.1. Структура топливного элемента

Для создания даже одного единичного элемента требуются очень продвинутые технологии.

Поэтому переход к практическому использованию топливных элементов и занимает так много времени.

## Сохранение области трехфазной границы

Сделав небольшое профессиональное отступление, заметим, что для того, чтобы электрохимическая реакция в батарее протекала стабильно, то есть без резких скачков тока в ту или иную сторону, необходимо сохранение области эффективной трехфазной границы. На рис. 4.2 показано, как протекает реакция на отрицательном полюсе батареи. Для стабильного протекания реакции необходимо присутствие катализатора на электродах (твердая фаза), чтобы на его поверхность поступал газообразный водород (газообразная фаза) и ионы из раствора электролита (жидкая фаза). Высвободившиеся при этом электроны должны достаточно быстро уходить в коллектор тока. На положительном электроде также необходимо сохранять область эффективной трехфазной границы. Раньше было трудно обеспечить сохранение этой области в течение десятков тысяч часов. Но новые гидрофобные, т. е. водоотталкивающие, материалы типа тефлона позволили сделать так, чтобы электрод не пропитывался электролитом и область трехфазной границы не уменьшалась.

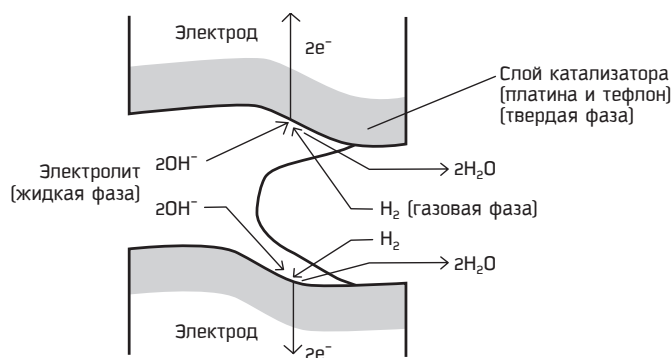


Рис. 4.2. Модель трехфазного интерфейса

## ГЛАВА 5

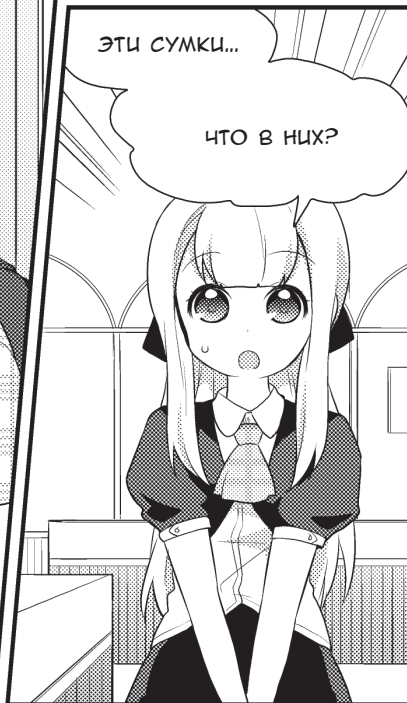
# ФИЗИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

## 5.1. СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ

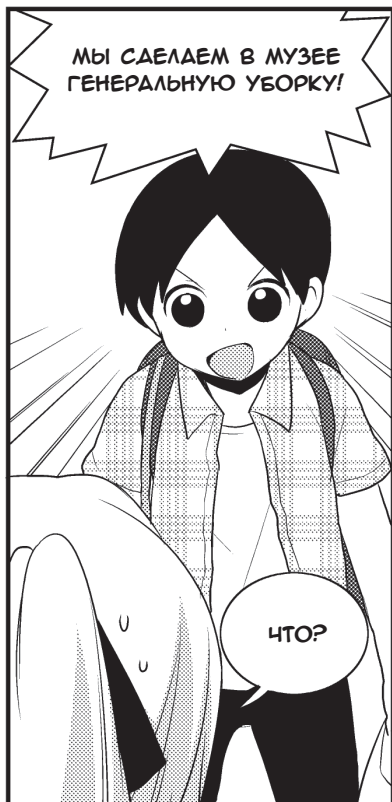


ЭТИ СУМКИ...

ЧТО В НИХ?



МЫ СДЕЛАЕМ В МУЗЕЕ  
ГЕНЕРАЛЬНУЮ УБОРКУ!



ЧТО?

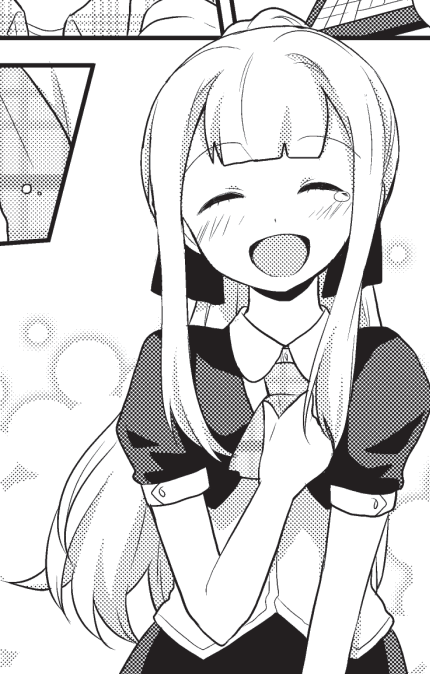
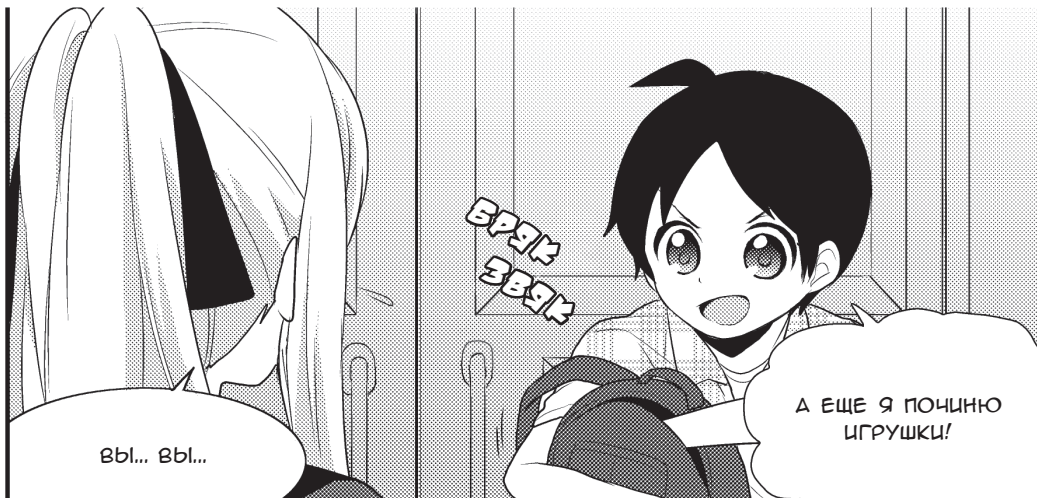
КАК Я СКАЗАЛ ВЧЕРА,  
Я НЕ ХОЧУ, ЧТОБЫ ЭТОТ  
МУЗЕЙ ЗАКРЫЛСЯ!

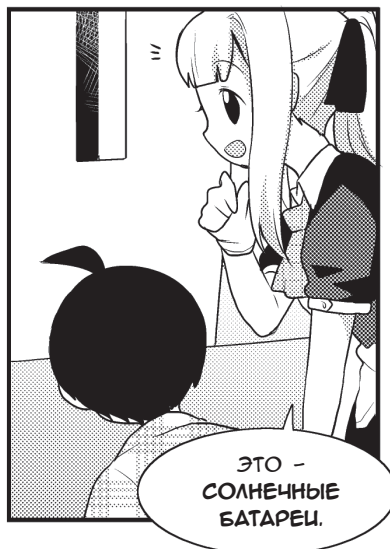
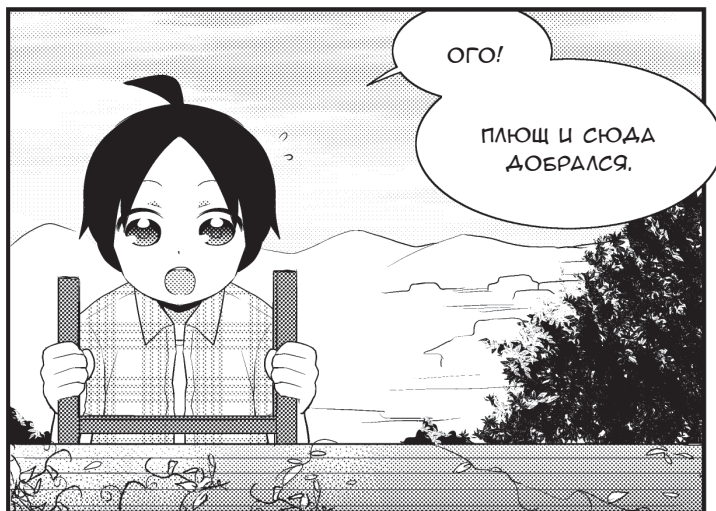


И Я ТОЖЕ!

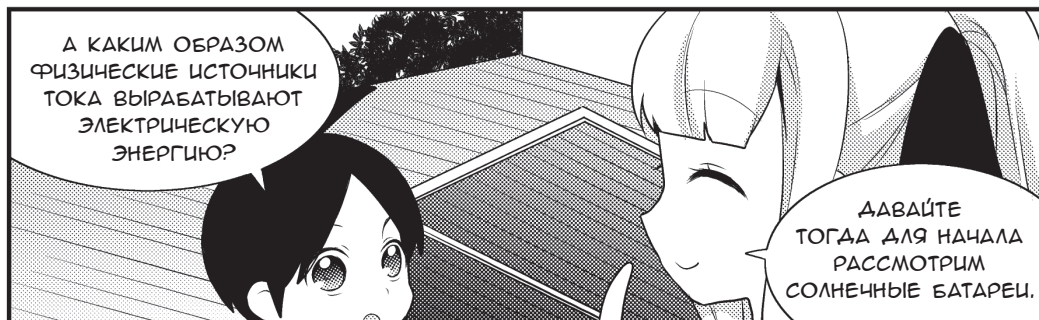
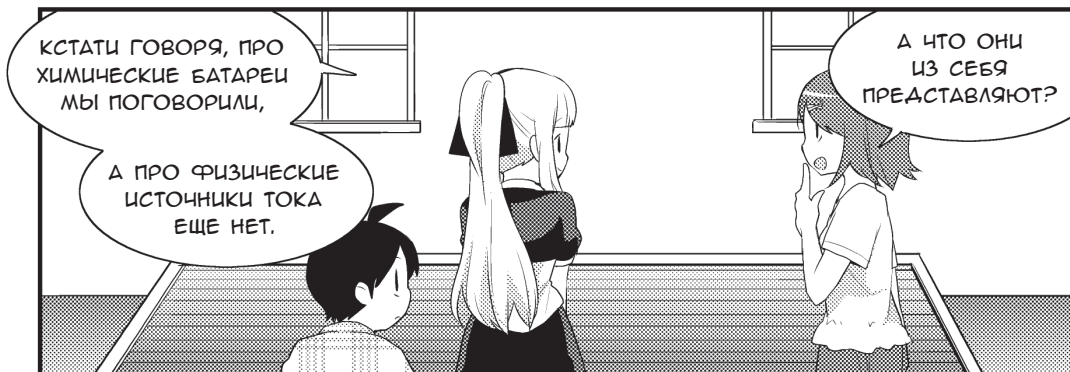
ПОЭТОМУ ПОЗВОЛЬТЕ  
НАМ ПОМОЧЬ ПРИВЛЕЧЬ  
В МУЗЕЙ БАТАРЕЙ БОЛЬШЕ  
ПОСЕТИТЕЛЕЙ!

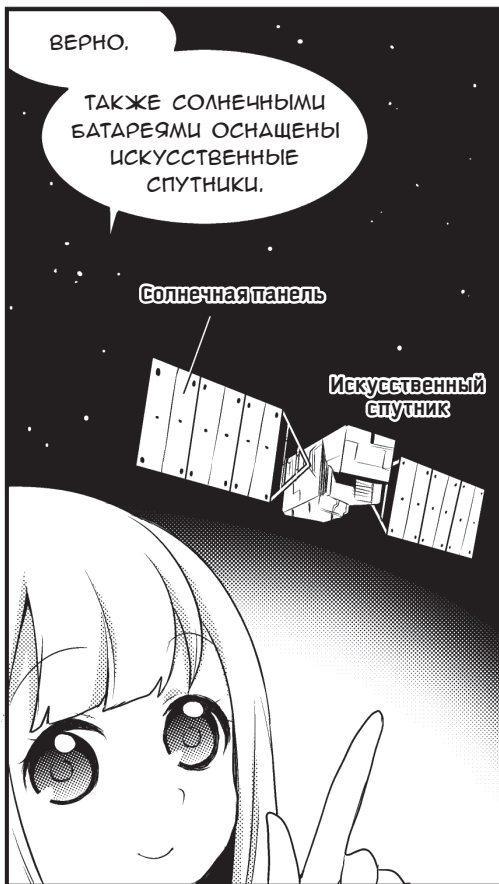
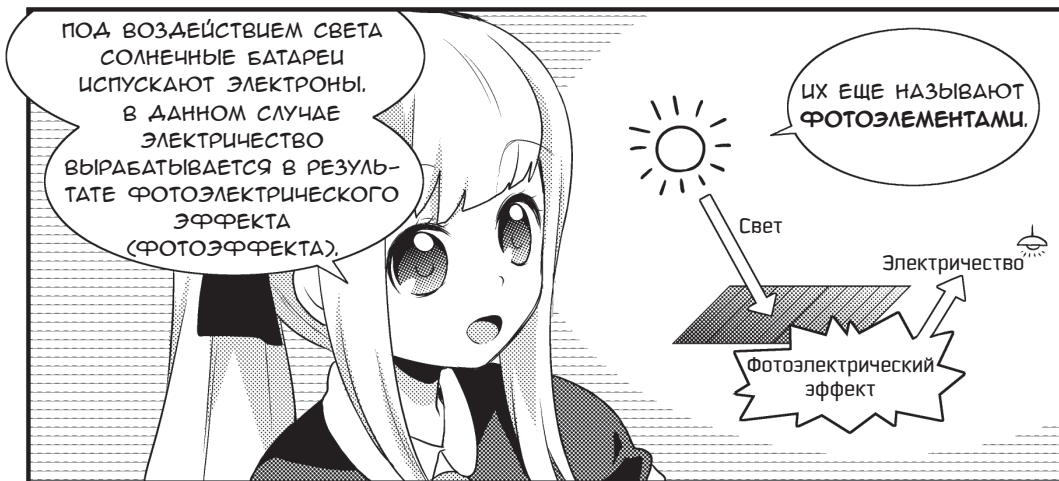




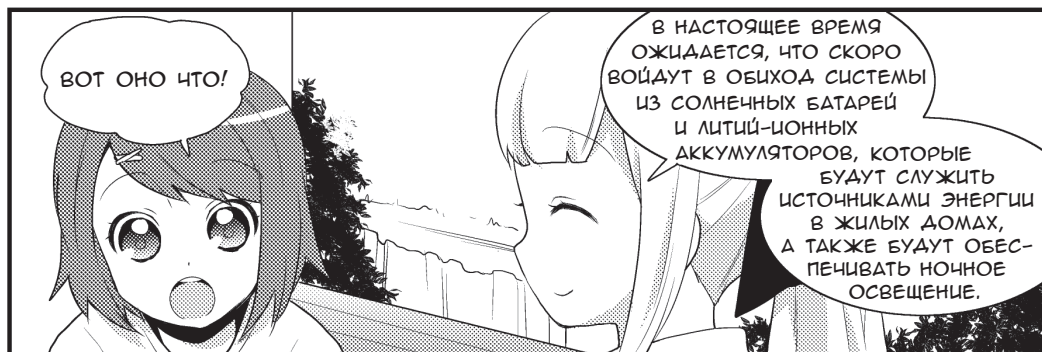
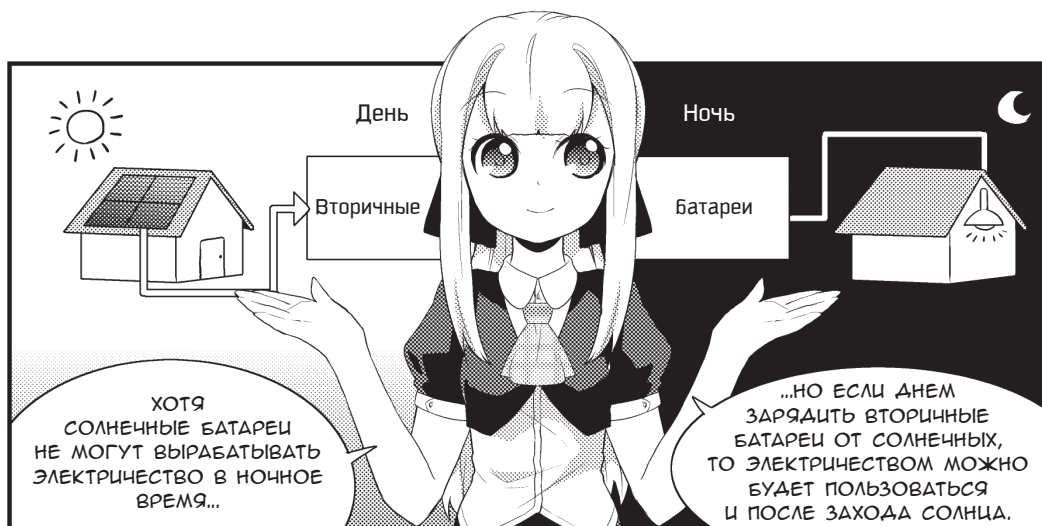










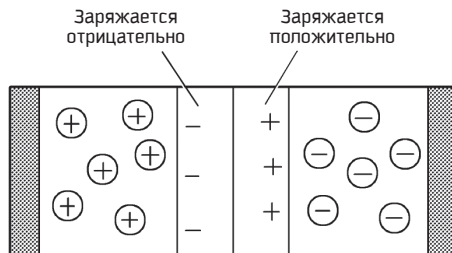








ИТАК, КОГДА СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ ПОДВЕРГАЕТСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ СВЕТА, ЭНЕРГИЯ СВЕТА ПОПАДАЕТ В ИНВЕРСНЫЙ СЛОЙ...



ПРИ ЭТОМ ИСЧЕЗНУВШИЕ В ПРОЦЕССЕ РЕКОМБИНАЦИИ ЭЛЕКТРОНЫ И ДЫРКИ СНОВА ПОЯВЛЯЮТСЯ.

В ЭТОМ И ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, О КОТОРОМ Я ГОВОРИЛА ВНАЧАЛЕ.

ПОЯВЛЯЮТСЯ ЭЛЕКТРОНЫ, А ЗНАЧИТ, ЕСЛИ ОНИ НАЧНУТ

ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ, ВОЗНИКНЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК!

ОТЛИЧНАЯ ДОГАДКА!

ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ИНВЕРСНОГО СЛОЯ ПОЛУПРОВОДНИК Р-ТИПА ПОЛУЧАЕТ ЭЛЕКТРОНЫ И ОБРЕТАЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, А ПОЛУПРОВОДНИК N-ТИПА ОДАЕТ ЭЛЕКТРОНЫ И ПОЛУЧАЕТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД.

А РАЗ У ПОЛУПРОВОДНИКОВ ЕСТЬ ЗАРЯД, ТО ЭЛЕКТРОНЫ,

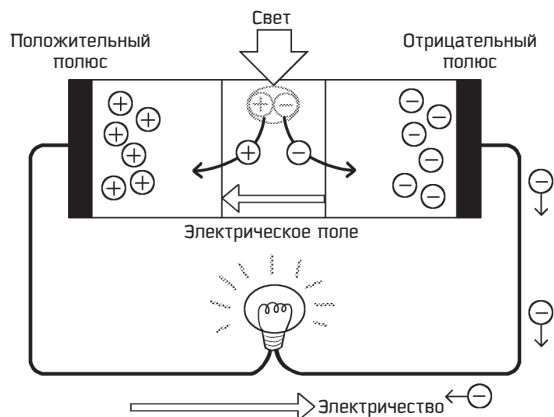
ПОЛУЧЕННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ФОТОЭФФЕКТА, БУДУТ ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ, ДА?





АА.

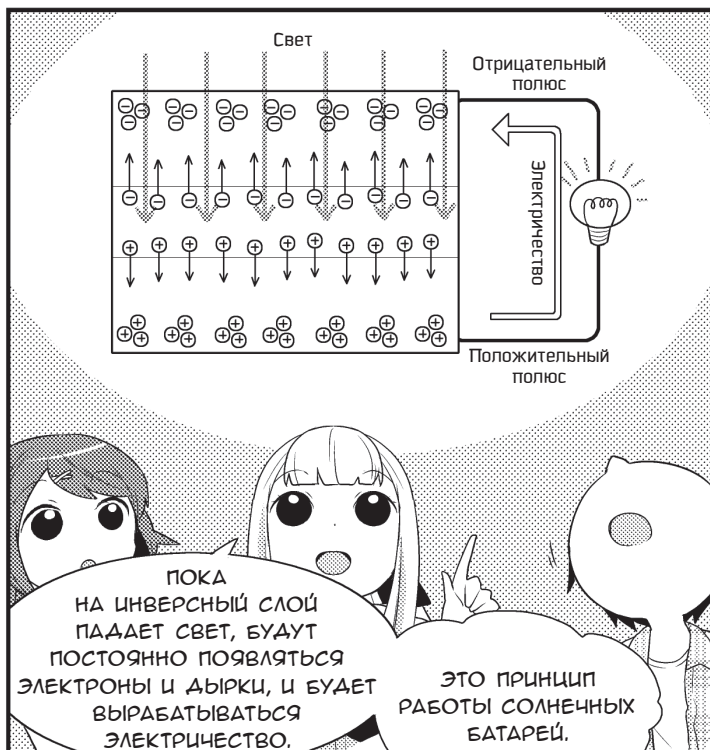
ВНУТРИ,  
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ВОЗНИКНЕТ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА; ЭЛЕКТРОНЫ БУДУТ ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ В ПОЛУПРОВОДНИК N-ТИПА, А ДЫРКИ - В ПОЛУПРОВОДНИК P-ТИПА.



ЕСЛИ ТЕПЕРЬ ПОДКЛЮЧИТЬ ВНЕШНЮЮ ЦЕПЬ, ПОЛУПРОВОДНИК P-ТИПА БУДЕТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ПОЛЮСОМ, А ПОЛУПРОВОДНИК N-ТИПА - ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ. И ПО ЦЕПИ ПОТЕЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.

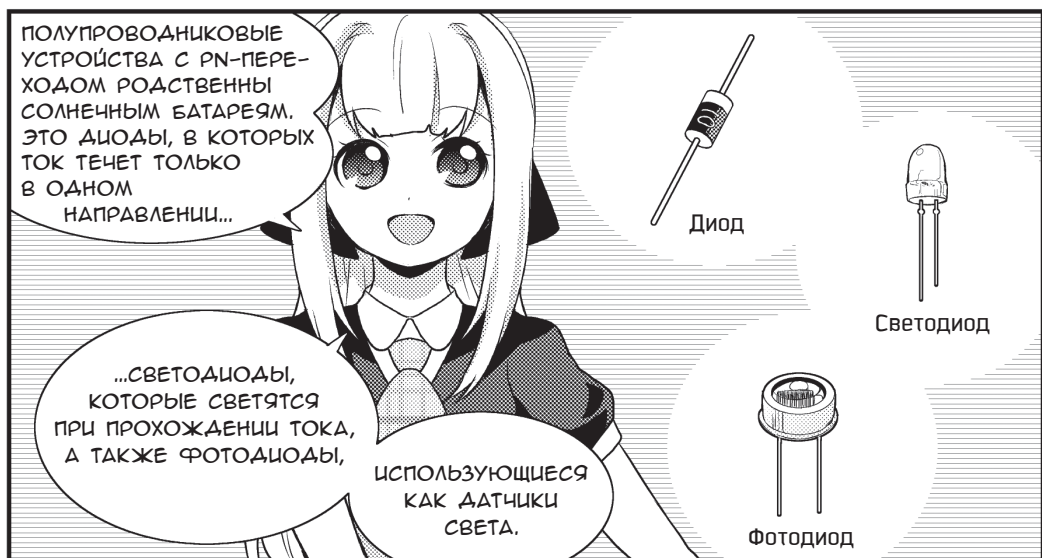
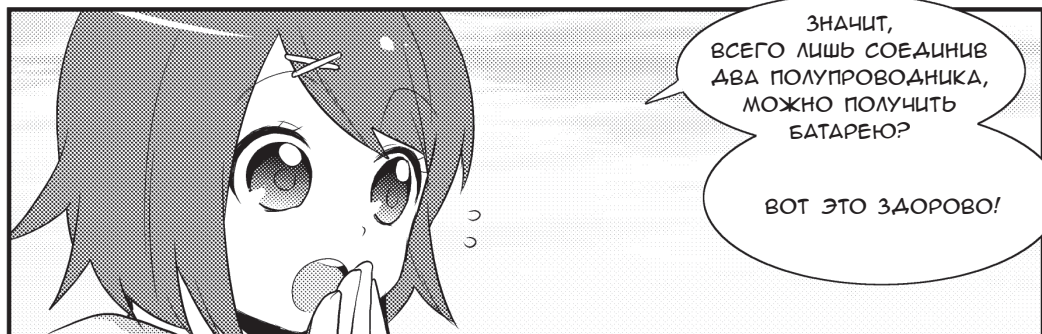


ТАК ВОТ КАК ЭТО РАБОТАЕТ!

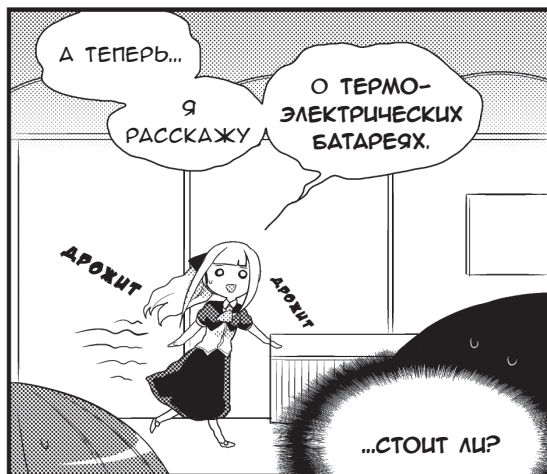
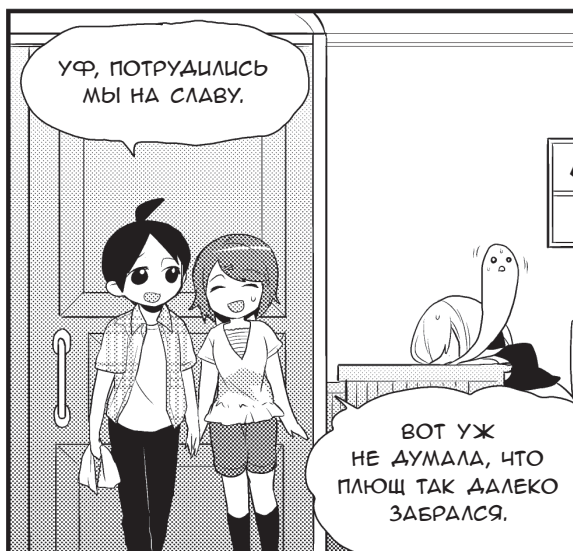
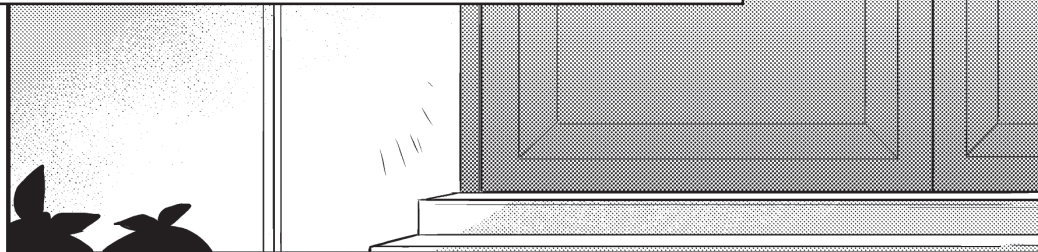


ПОКА НА ИНВЕРСНЫЙ СЛОЙ ПАДАЕТ СВЕТ, БУДУТ ПОСТОЯННО ПОЯВЛЯТЬСЯ ЭЛЕКТРОНЫ И ДЫРКИ, И БУДЕТ ВЫРАБАТЫВАТЬСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

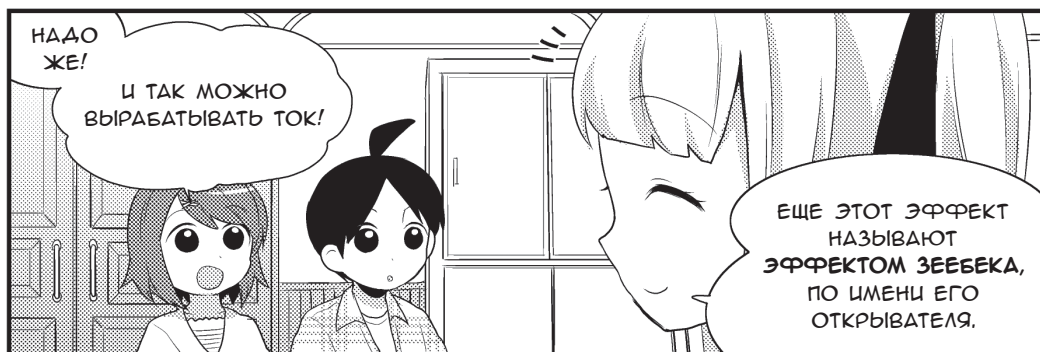
ЭТО ПРИНЦИП РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.



## 5.2. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ БАТАРЕЯ









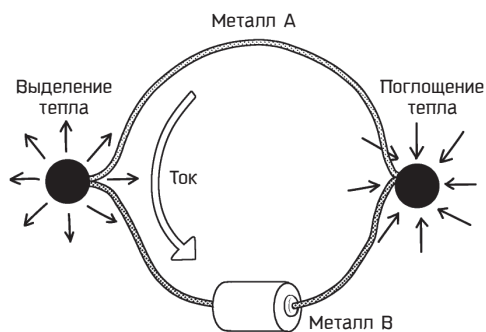
ЕСЛИ ЖЕ ПО ТАКОЙ  
КОНСТРУКЦИИ С ДВУМЯ  
РАЗНЫМИ МЕТАЛЛАМИ  
ПУСТИТЬ ТОК,

ТО ОДНА ИЗ ТОЧЕК  
ПРИСОЕДИНЕНИЯ НАЧНЕТ  
ВЫДЕЛЯТЬ ТЕПЛО,  
А ДРУГАЯ - ПОГЛОЩАТЬ.

ПОЛУЧИТСЯ ЭФФЕКТ  
ЗЕЕБЕКА НАОБОРОТ!

ВЕРНО.

ЭТО ЯВЛЕНИЕ ТОЖЕ  
НАЗЫВАЕТСЯ ПО ИМЕНИ  
ОТКРЫВАТЕЛЯ - ЭФФЕКТОМ  
ПЕЛЬТЬЕ.



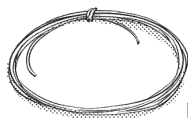
Для  
опытов

А ТЕПЕРЬ  
ПОПРОБУЕМ  
СДЕЛАТЬ

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ  
БАТАРЕЮ ИЗ ТОГО, ЧТО  
ЕСТЬ ПОД РУКОЙ.

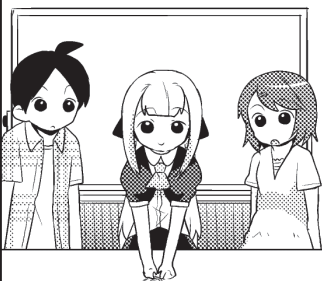
ИСПОЛЬЗУЕМ  
НИХРОМОВУЮ  
И МЕДНУЮ  
ПРОВОЛОКИ.

Нихромовая  
провода

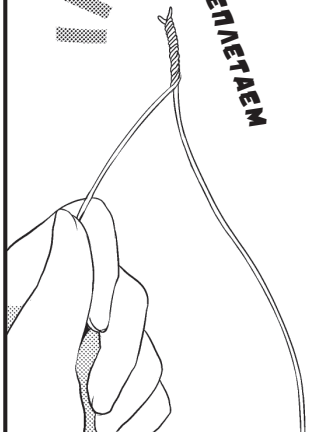


Медная  
провода

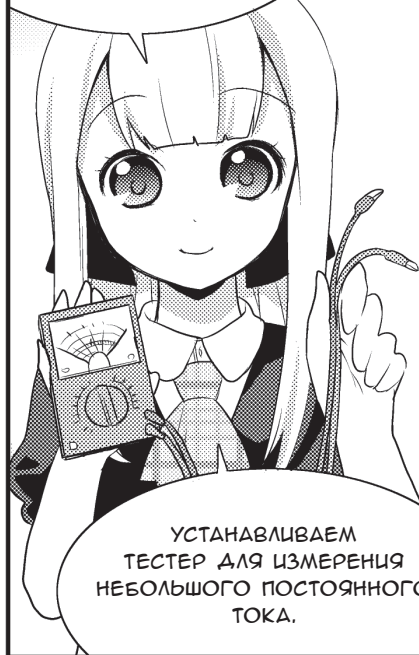
ПРЕЖДЕ ВСЕГО  
ПЛОТНО ПЕРЕПЛЕТЕМ  
ИХ МЕЖДУ СОБОЙ.



ПЕРЕПЛЕТАЕМ

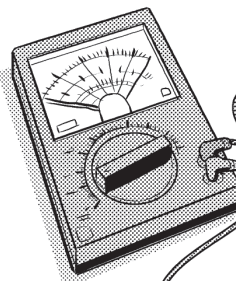


ДАЛЕЕ, ЧТОБЫ МЫ  
МОГЛИ УБЕДИТЬСЯ,  
ЧТО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО  
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ПОТЕЧЕТ,  
ПОДСОЕДИНИМ ТЕСТЕР.



УСТАНАВЛИВАЕМ  
ТЕСТЕР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
НЕБОЛЬШОГО ПОСТОЯННОГО  
ТОКА.

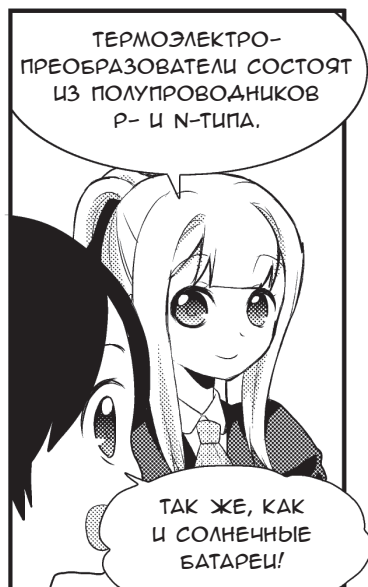
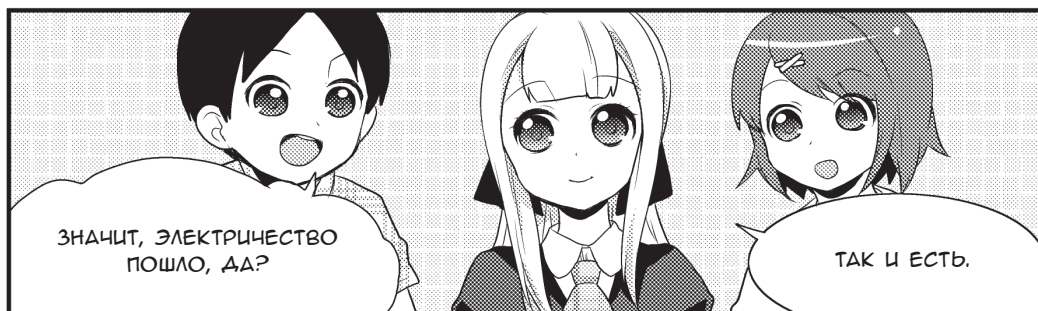
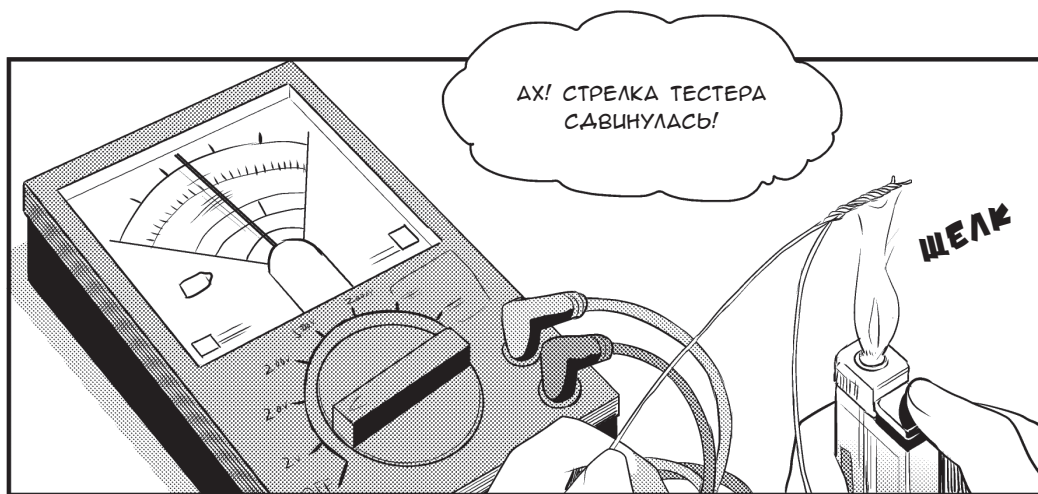
ОСТАЛОСЬ ТОЛЬКО  
НАГРЕТЬ, ДА?

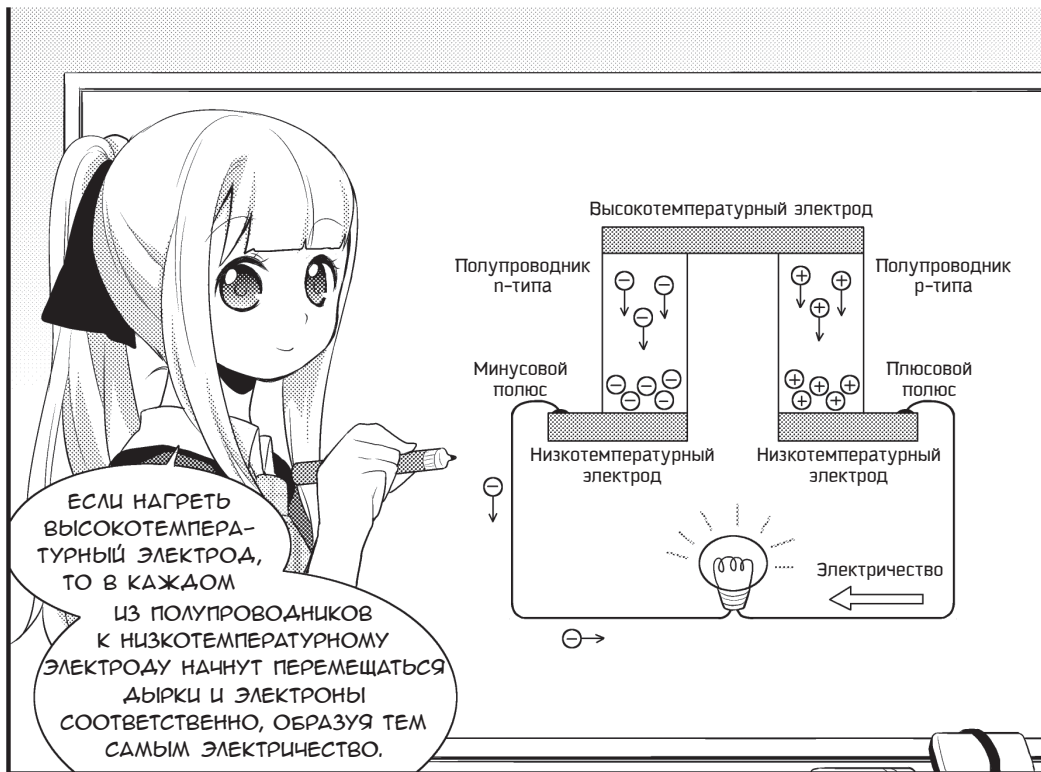


АГА.

НЕУЖЕЛИ ТАК ПРОСТО  
МОЖЕТ ОБРАЗОВАТЬСЯ  
ТОК? УДИВИТЕЛЬНО!

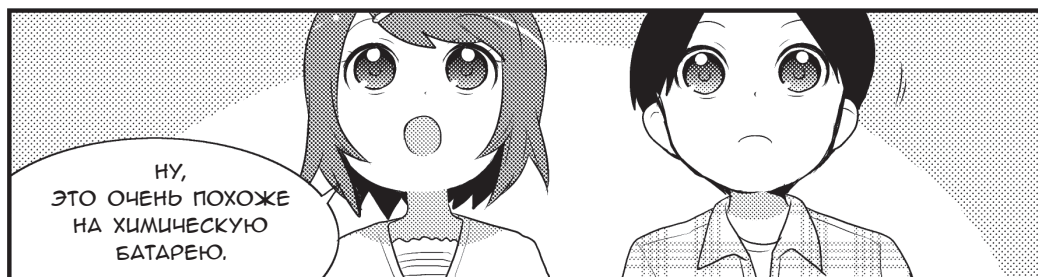
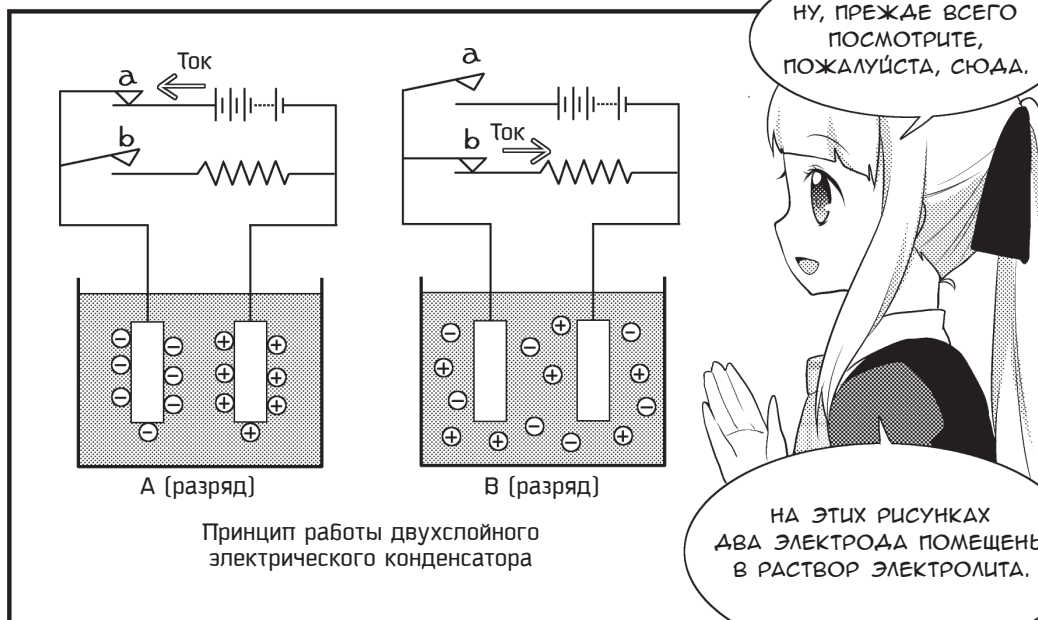






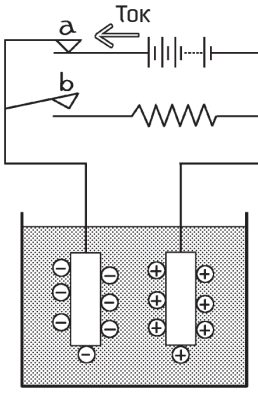


## 5.3. ДВУХСЛОЙНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР

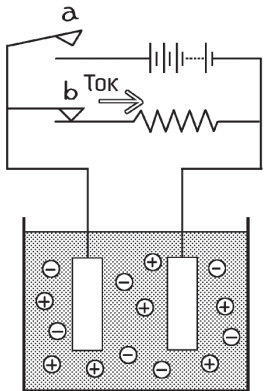


ЕСЛИ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ а ЗАМКНУТЬ И ПОДАТЬ ДОСТАТОЧНО НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ЧТОБЫ НЕ ДОПУСТИТЬ ЭЛЕКТРОЛИЗА, ТО НА ПЛЮСОВОЙ ПОЛЮС РАСТВОРА БЫСТРО НАЧНУТ ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ИОНЫ РАСТВОРА, А НА МИНУСОВОЙ ПОЛЮС - ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ, СОБИРАЯСЬ НА ПОВЕРХНОСТИ КАЖДОГО ИЗ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОДОВ.

ТАК ПРОИСХОДИТ ЗАРЯД БАТАРЕИ.



А (заряд)



А (заряд)

ЕСЛИ ЖЕ ЗАТЕМ ЗАМКНУТЬ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ b, ТО ТОК ВО ВНЕШНЕЙ ЦЕПИ ПОТЕЧЕТ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ, И СОБРАННЫЕ НА КАЖДОМ ИЗ ЭЛЕКТРОДОВ ИОНЫ НАЧНУТ БЫСТРО ОТДЕЛЯТЬСЯ ОТ ЭЛЕКТРОДОВ.

ТАК ПРОИСХОДИТ РАЗРЯД БАТАРЕИ, ОБЕСПЕЧИВАЯ ТЕМ САМЫМ ПРОХОЖДЕНИЕ ТОКА ЧЕРЕЗ НАГРУЗКУ.

РАЗВЕ ЭТО НЕ ТО ЖЕ САМОЕ, ЧТО ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В РЕЗУЛЬТАТЕ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ?

ЗДЕСЬ ВЕДЬ ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

ЭТО ЖЕ ХИМИЧЕСКАЯ БАТАРЕЯ, РАЗВЕ НЕТ?



СЕЙЧАС  
Я РАССКАЗЫВАЛА  
О ДВУХСЛОЙНОМ ЭЛЕКТРИ-  
ЧЕСКОМ КОНДЕНСАТОРЕ,  
В КОТОРОМ ИСПОЛЗУЮТСЯ  
ХИМИЧЕСКИЕ  
ЯВЛЕНИЯ.

КРУТО

ОН БЫЛ  
ИЗОБРЕТЕН В 1957 ГОДУ  
БЕККЕРОМ И ФЕРИ ИЗ  
АМЕРИКАНСКОЙ КОМПАНИИ  
"ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК" (GE).  
А В 1987 ГОДУ ЯПОНИЯ  
СТАЛА ПЕРВОЙ В МИРЕ  
СТРАНОЙ, ЗАПУСТИВШЕЙ  
ИХ МАССОВОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО.

| Тип электролита                           | Водный раствор серной кислоты                                                                                                                                                                                                                        | Органический электролит                                                                                                                 |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Базовые элементы<br>(пуговичные элементы) | <p>Токоприемник (проводящий коллекторный электрод)</p> <p>Поларизационный электрод (активированный уголь + водный раствор серной кислоты)</p> <p>Прокладка (уплотнитель из синтетической резины)</p> <p>Сепаратор (пористая органическая пленка)</p> | <p>Плюсовой контакт шапки</p> <p>Электроды из активированного угля</p> <p>Прокладка</p> <p>Минусовой контакт шапки</p> <p>Сепаратор</p> |
| Многослойные элементы                     | <p>Внешний корпус</p> <p>Базовый элемент</p> <p>Изоляционный корпус</p> <p>Рукав</p> <p>Контакты</p>                                                                                                                                                 | <p>Корпус</p> <p>Изоляционный корпус</p> <p>Пуговичный элемент</p> <p>Контакты</p>                                                      |

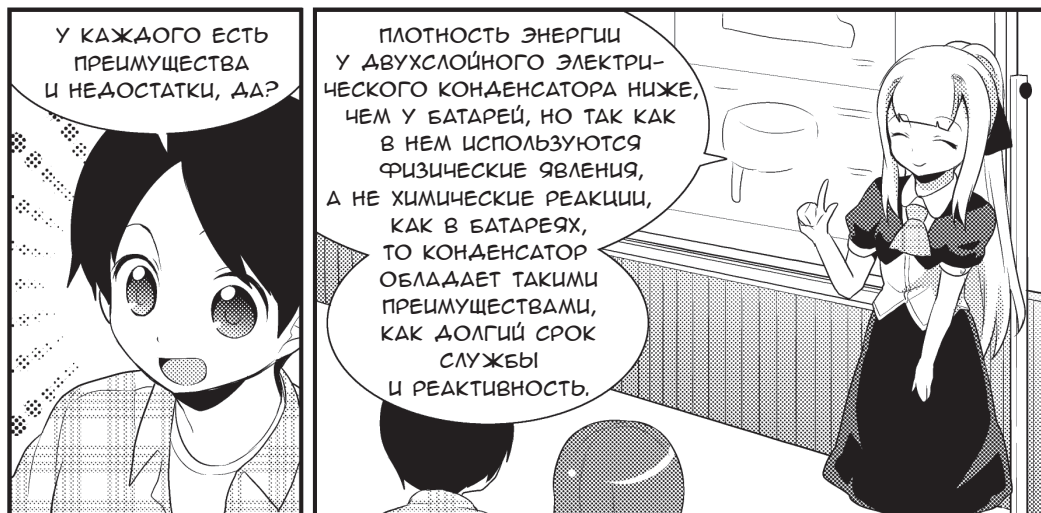
ЕМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА ПРОПОР-  
ЦИОНАЛЬНА ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ  
ЭЛЕКТРОДА: ЧЕМ БОЛЬШЕ ИОНОВ  
СОБЕРЕТСЯ НА ЭЛЕКТРОДЕ, ТЕМ  
БОЛЬШЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МОЖЕТ БЫТЬ  
ВЫРАБОТАНО. ПОЭТОМУ В КАЧЕСТВЕ  
МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ  
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ АКТИВИРОВАННЫЙ  
УГОЛЬ, ИМЕЮЩИЙ ДОСТАТОЧНО  
БОЛЬШУЮ ПЛОЩАДЬ  
ПОВЕРХНОСТИ.

В СМЕСИ СО СВЯЗУЮЩИМ  
ВЕЩЕСТВОМ ВЕЩЕСТВА,  
ПОКРЫВАЮЩИЕ ТОКОПРИЕМНИК  
И СОБИРАЮЩИЕСЯ НА ЕГО  
ПОВЕРХНОСТИ В ВИДЕ КАТЫШКОВ,  
ОБРАЗУЮТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ  
И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ  
ПОЛЮСА.

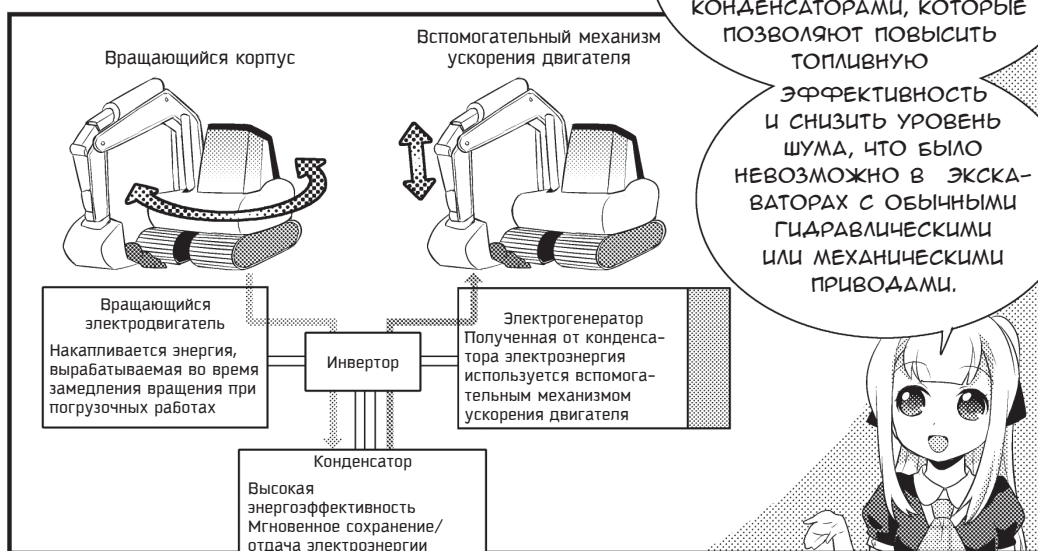
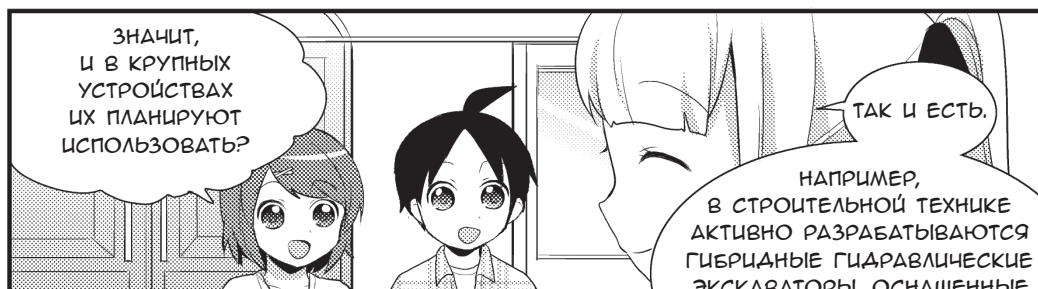
ЗНАЧИТ, В ОТЛИЧИЕ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ,  
ПЛЮСОВОЙ И МИНУСОВОЙ  
ПОЛЮСА СОСТОЯТ ИЗ  
ОДНОГО И ТОГО ЖЕ  
МАТЕРИАЛА?

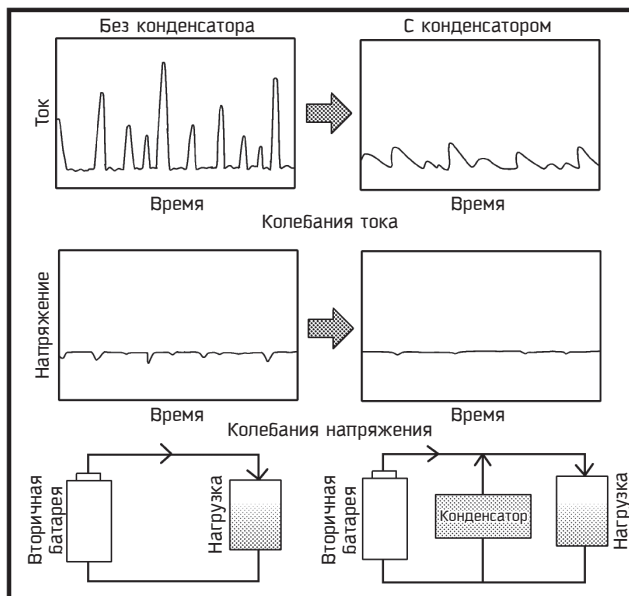
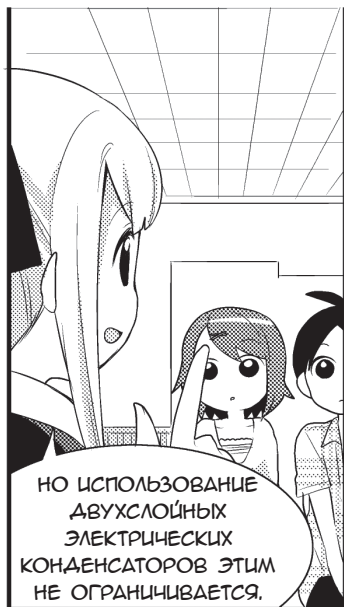
ПОТОМУ ЧТО  
В ДАННОМ СЛУЧАЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО  
ВОЗНИКАЕТ НЕ ВСЛЕД-  
СТВИЕ РАЗНИЦЫ  
В ИОНИЗАЦИИ.

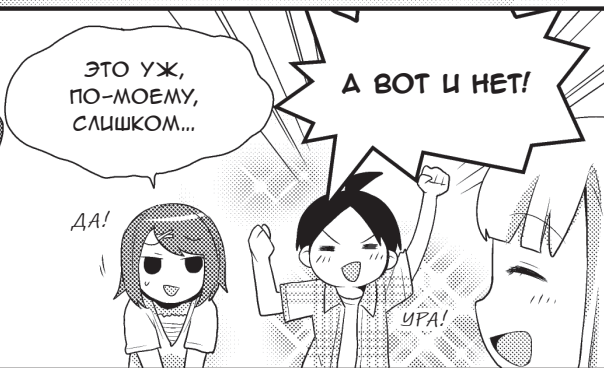




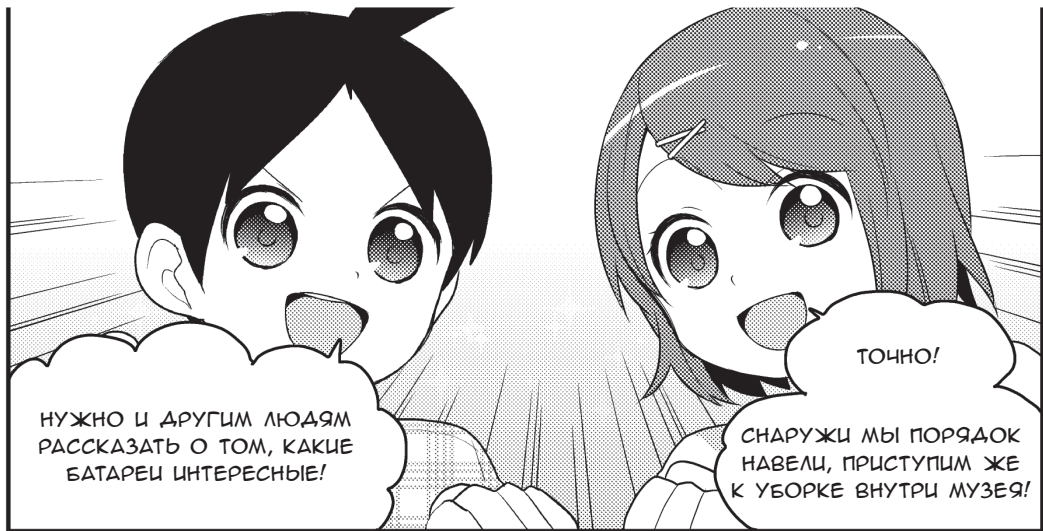














## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

### Продажа электроэнергии, произведенной в домохозяйствах

Производство солнечной электроэнергии – это процесс превращения энергии солнечного света в электроэнергию посредством солнечных батарей. При этом не выделяется  $\text{CO}_2$ , являющийся причиной глобального потепления, и поэтому производство солнечной электроэнергии не наносит вреда окружающей среде.

В Японии системы производства солнечной электроэнергии в 90-е годы прошлого века начали распространяться и среди домохозяйств. Такие системы состоят из модулей солнечных батарей, стабилизатора и электросчетчика для продажи и покупки электроэнергии. Электроэнергия производится модулями солнечных батарей, устанавливаемыми на крыше, и используется в качестве источника питания для розеток и электрических ламп.

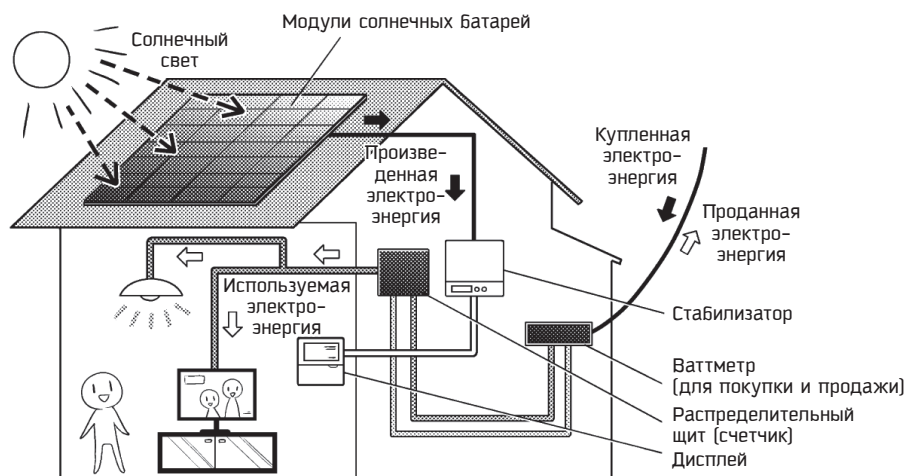


Рис. 5.1. Система производства солнечной электроэнергии в домохозяйстве

Эффективность преобразования батареями солнечного света в электроэнергию (эффективность фотоэлектрического преобразования) можно вычислить следующим образом:

$$\text{Эффективность преобразования} = \frac{\text{Выработанная электроэнергия (Вт)}}{\text{Энергия света на входе (Вт)} \times 100 (\%)}$$

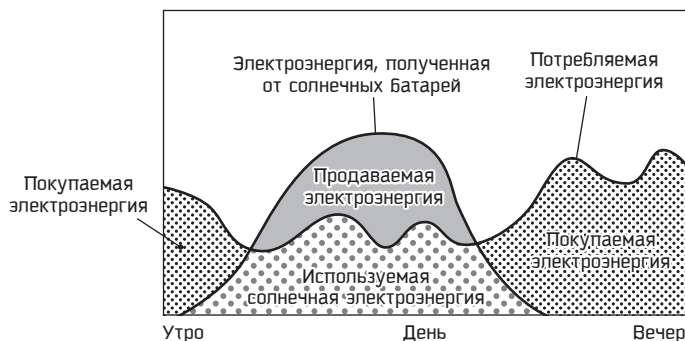
Энергия солнечного света равна примерно 1000 Вт на 1 м<sup>2</sup>. Если, например, на модули солнечных батарей площадью 1 м<sup>2</sup> попадает энергия света в 1000 Вт, а на выходе получаем 150 Вт электроэнергии, то эффективность преобразования будет равна:

$$150 \div 1000 \times 100 = 15 \, \%.$$

В настоящее время эффективность преобразования солнечных батарей, используемых в домохозяйствах, равна примерно 17 %. Однако уже разработаны модули солнечных батарей с эффективностью более 20 %, и они тоже начинают входить в обиход.

Произведенный солнечными батареями постоянный ток преобразуется в переменный в устройстве, называемом инвертор, после чего он может использоваться в качестве источника энергии для электрических ламп и различных электроприборов.

В темное время суток и в плохую погоду производство солнечной электроэнергии очень мало и не может обеспечить нужды домохозяйства. Поэтому в это время электричество поступает в домохозяйство по системам распределения от электроэнергетических компаний. Таким образом, когда энергии не достаточно, домохозяйство закупает недостающую у электроэнергетической компании, когда же потребление электроэнергии мало и образуются излишки, то избыточная мощность поступает обратно в распределительную сеть (так называемый обратный поток) и покупается электроэнергетической компанией. Это называется **объединением энергосистем**.



*Рис. 5.2. Энергопотребление и выработка солнечной электроэнергии за одни сутки*

Присоединение системы производства солнечной электроэнергии к сети требует, чтобы произведенная солнечными батареями электроэнергия имела такие же параметры напряжения, частоты и формы волны, как и покупаемая. Все это делается в инверторе. Кроме того, чтобы не ухудшать качество покупаемой электроэнергии, необходима синхронизация с распределительной системой.

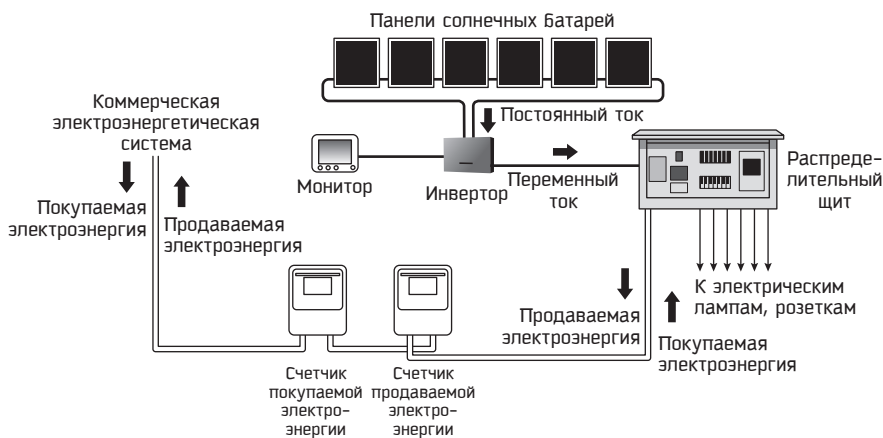


Рис. 5.3. Потоки электричества в системе производства солнечной электроэнергии

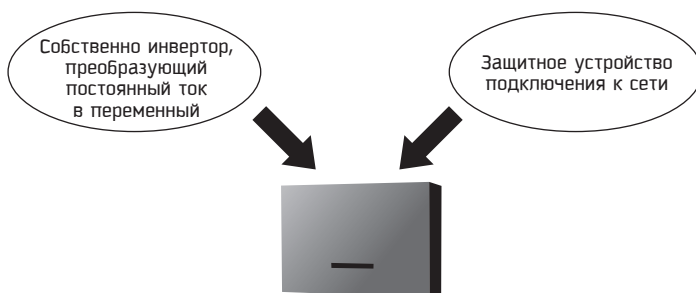


Рис. 5.4. Структура инвертора

Монитор (дисплей) системы производства солнечной энергии демонстрирует различные показатели, например количество произведенной и потребленной электроэнергии, количество купленной электроэнергии, коэффициент самообеспеченности и т. д.

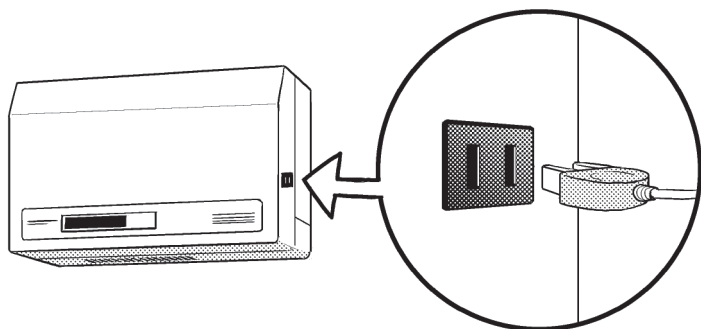
Если вдруг в коммерческой электроэнергетической системе, с которой соединена локальная система производства солнечной электроэнергии, возникает сбой в подаче электричества, то работающий от коммерческой системы стабилизатор остановится, и электричество нельзя будет использовать. В этом случае необходимо в руч-



Рис. 5.5. Монитор (дисплей) (предоставлено: Тошиба)

ном режиме переключить систему на автономный режим, и пользоваться можно будет только аварийными розетками.

Эти розетки находятся сбоку на корпусе инвертора и/или на стене комнаты.



*Рис. 5.6. Комнатный инвертор с аварийной розеткой*



*Рис. 5.7. Аварийные розетки на стене*

Установка системы выработки солнечной электроэнергии на первом этапе требует довольно крупных финансовых вложений (на март 2012 года они составляли примерно 2 млн иен<sup>1</sup>). Однако такая система может работать на протяжении долгого времени, практически не требуя затрат на содержание и обслуживание. И что не менее важно, производство электричества не наносит вреда природе.

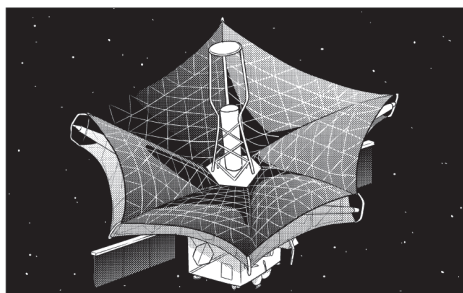
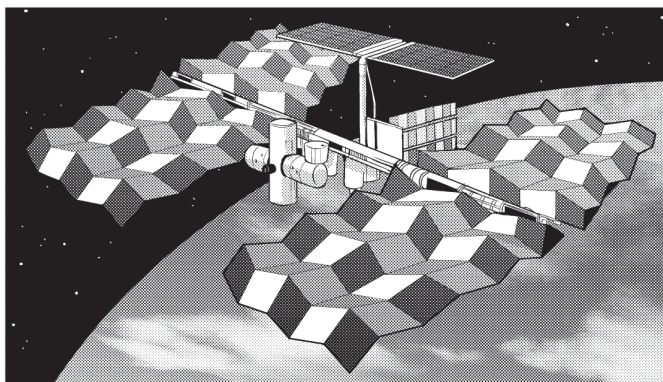
<sup>1</sup> Около 20 тысяч долларов. – Прим. перев.



## Космические солнечные панели и миура-ори

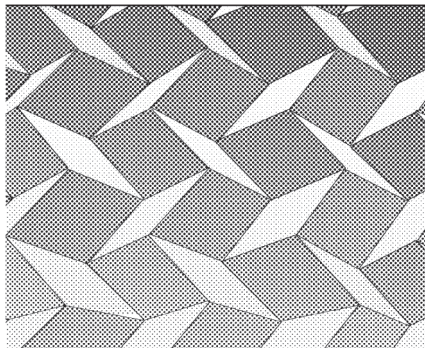
### *Космические солнечные панели и миура-ори*

Миура-ори (miura-ori®), дважды гофрированная поверхность, – это техника складывания больших листов, которая позволила складывать большие солнечные панели и антенны, помогая загрузить их в ракеты и затем развернуть в космосе.



*Рис. 5.8. Космические солнечные панели*

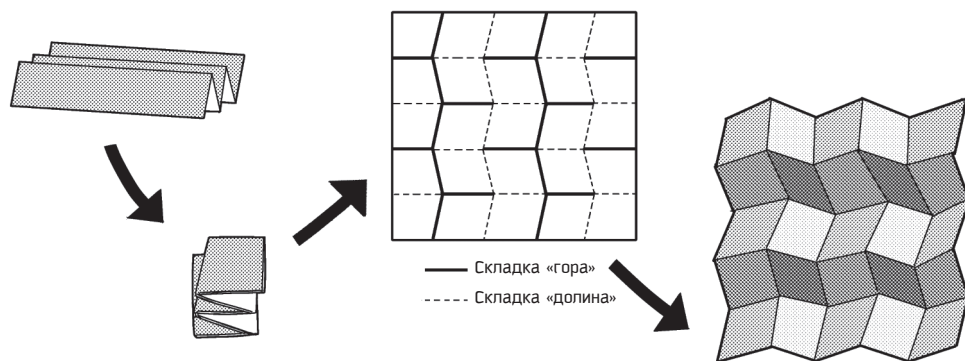
Эта технология была разработана Корё Миурой (профессором Токийского университета) в процессе исследования способов развертывания панелей на искусственных спутниках. Она состоит из четырех повторяющихся параллелограммов. Миура-ори применяется не только в солнечных панелях на спутниках, но и в самых разных отраслях.



*Рис. 5.9. Миура-ори,  
состоящая из четырех повторяющихся параллелограммов*

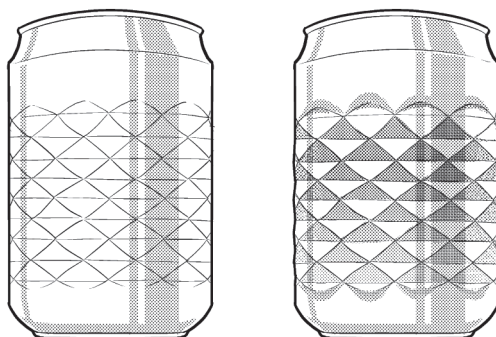
Если по технологии миура-ори сложить карту, то в сложенном виде она будет очень компактна, при этом может быть мгновенно развернута, стоит лишь потянуть за противоположные углы. Кроме того, ее легко можно сложить обратно.

При таком способе складывания складки слегка смещены, поэтому нет многослойности, складки «гор» и «долин» трудно поменять местами, и даже при многократном сложении и разворачивании лист не рвется.



*Рис. 5.10. Пример складывания и разворачивания миура-ори*

Технологию миура-ори используют также при изготовлении алюминиевых банок и нешипованных шин.

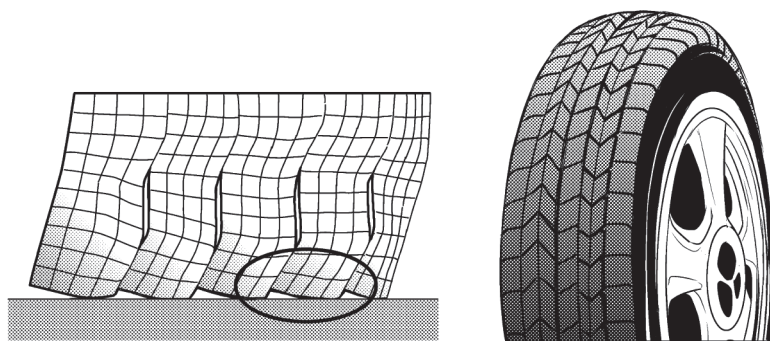


*Рис. 5.11. Алюминиевая банка с миура-ори до открытия (слева) и после открытия (справа)*

Обычная алюминиевая банка до открытия сохраняет твердость благодаря давлению внутри. Но стоит ее открыть, давление падает, и твердость теряется. Была изобретена банка, на которой после открытия проявляется выпукло-вогнутый рисунок (миура-ори). В такой банке благодаря проявлению объемного рисунка возникает сила от боковой поверхности банки, которая увеличивает твердость. Кроме того, такую банку удобнее держать в руках. Здесь также применена технология миура-ори. Этот узор был разработан господином Ёсимура Ёсимару (в то время профессором Токийского университета), занимавшимся теорией разрушения цилиндрических объектов, поэтому он носит название **рисунок Ёсимура**.

Технология миура-ори применяется также в производстве нешипованных шин. Это так называемые ламели миура-ори. При торможении они предотвращают смятие блоков шины, увеличивают площадь сцепления с поверхностью дороги, позволяют лучше проявиться водоотталкивающим свойствам резины шин.

Левая сторона каждого блока шины не деформируется, поэтому увеличивает площадь контакта с поверхностью дороги.



*Рис. 5.12. Шина с ламелями миура-ори*

Левая сторона каждого блока шины деформируется, поэтому площадь контакта с поверхностью дороги уменьшается.

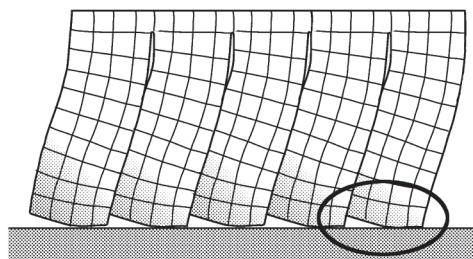


Рис. 5.13. Шина без применения ламелей миура-ори

Таким образом, технология миура-ори уже применяется в разных областях, но имеет потенциал к еще большему применению.

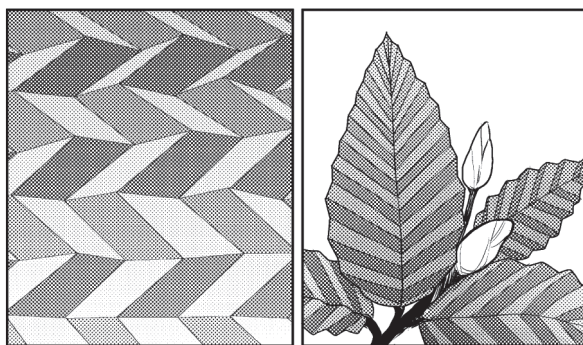


Рис. 5.14. Миура-ори в природе: лист растения

### **Атомные батареи<sup>1</sup>**

Атомные батареи – это вид физических батарей, которые превращают энергию ядерного распада радиоактивных изотопов в электрическую энергию. Их называют также радиоактивными батареями, радиоизотопными батареями (RI-батареи), изотопными батареями, RI-генераторами и т. д. Раньше использовались радиоизотопы  $^{144}\text{Ce}$  (церия),  $^{242}\text{Cm}$  (кюрия),  $^{90}\text{Sr}$  (стронция) и других, в настоящее же время практически всегда используют изотоп  $^{238}\text{Pu}$  (плутония, период полураспада: 87,74 года). Атомные батареи стали использовать в космосе в начале 60-х годов XX века. Во второй половине 70-х были разработаны батареи мощностью в несколько сотен ватт. Радиоизотопы обладают длительным периодом полураспада, что обеспечивает стабильную подачу энергии на протяжении дол-

<sup>1</sup> Взято из атомной энциклопедии ATOMICA: <http://www.rist.or.jp/atomica/>.



того времени. Такие источники энергии оказываются незаменимыми в исследованиях, проводимых в глубоком космосе, когда использование солнечных батарей оказывается невозможным.

### ***Принцип работы и виды батарей***

Энергия  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучей, испускаемых при распаде радиоизотопов, проникая в вещества, превращается в тепловую энергию. Выделяющееся тепло используется для нагрева теплоносителя, а затем преобразуется в электроэнергию за счет разницы температур между теплоносителем и температурой внешней среды (см. раздел о термоэлектрических батареях). Этот так называемый метод термоэлектрического преобразования (термоэлектрический метод) представлен на рис. 5.15, где тепловая энергия преобразуется в электричество с помощью полупроводников. А на рис. 5.16 представлено устройство такой батареи.

Существуют также метод термоионного преобразования, метод термического преобразования щелочного металла, метод пьезоэлектрического преобразования, метод фотоэлектрического преобразования и т. д. Однако они практически не используются на практике, и основным является метод термоэлектрического преобразования.

### ***Области применения***

**Космические зонды** С 60-х годов прошлого века на искусственных спутниках устанавливали атомные батареи, однако в случае аварийных ситуаций существует риск рассеивания радиоактивных материалов по поверхности Земли. Поэтому в настоящее время там, где можно получить достаточное количество солнечной радиации, используют солнечные батареи. «Аполлон-12» доставил на Луну атомную батарею, которую установили на поверхности Луны в качестве источника энергии для сейсмометра. Кроме того, атомные батареи использовались в качестве источников энергии на космических зондах, исследовавших Марс, Юпитер, Сатурн, Плутон, а также более далекие планеты. Осенью 1997 года была запущена для исследования орбитальных спутников Сатурна межпланетная станция «Кассини», ее зонд «Гюйгенс» был оборудован тремя атомными батареями.

Конструкция состояла из покрытого прочной оболочкой источника тепла с содержанием радиоизотопа ( $^{238}\text{Pu}$ ), термоэлектрического преобразователя Si-Ge и радиатора, для обеспечения разности температур в термоэлектрическом преобразователе.

18 модулей, покрытых ударопрочной внешней оболочкой, могли обеспечить 4500 Вт электроэнергии, получаемой из 10,7 кг гранул оксида плутония ( $^{238}\text{Pu}$ ).

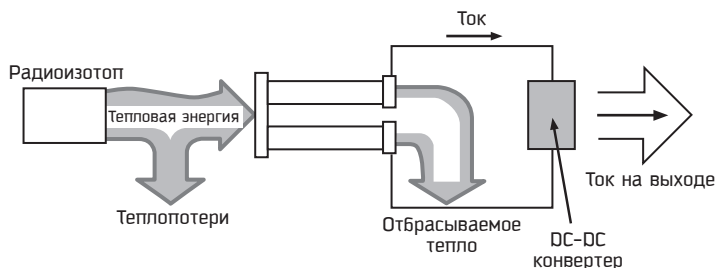


Рис. 5.15. Принцип работы термоэлектрической атомной батареи (Кобаяси Масатоси. Промышленное использование радиации. 1977)

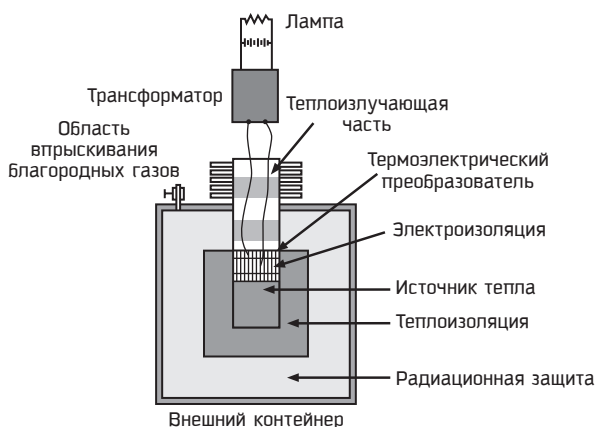
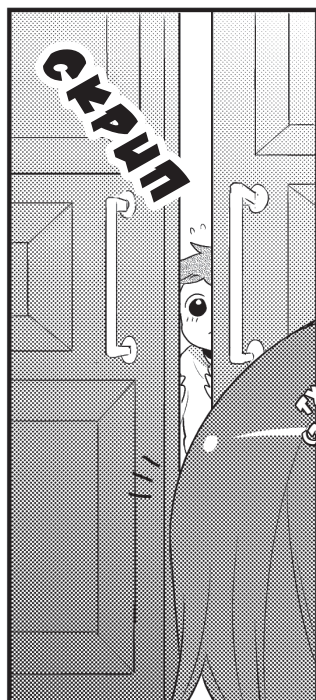
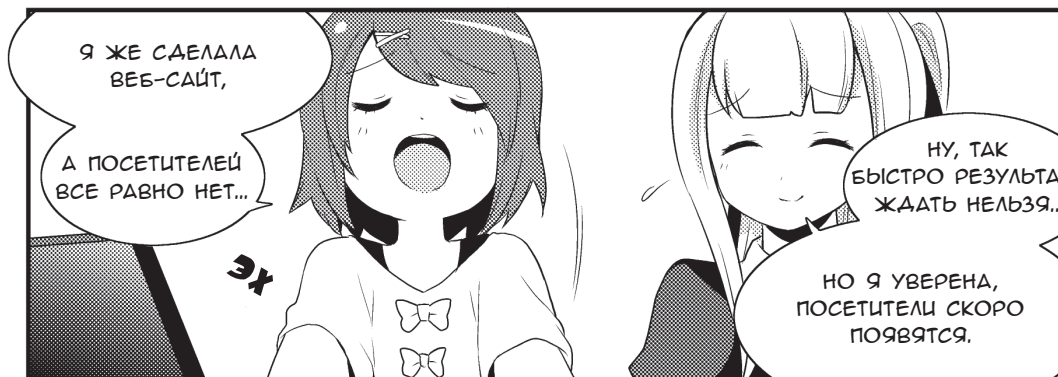
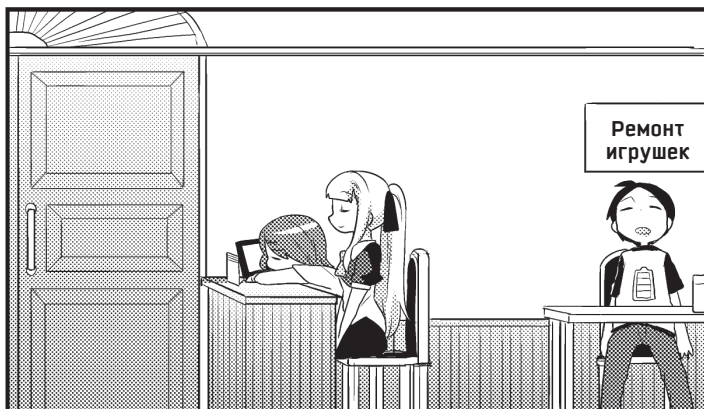
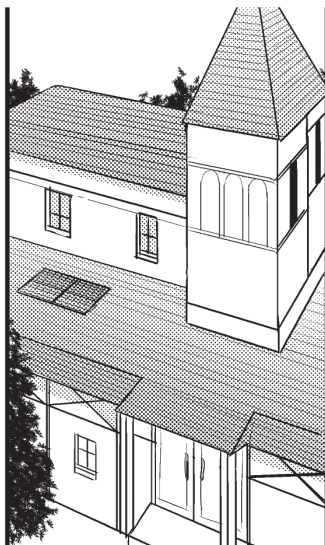
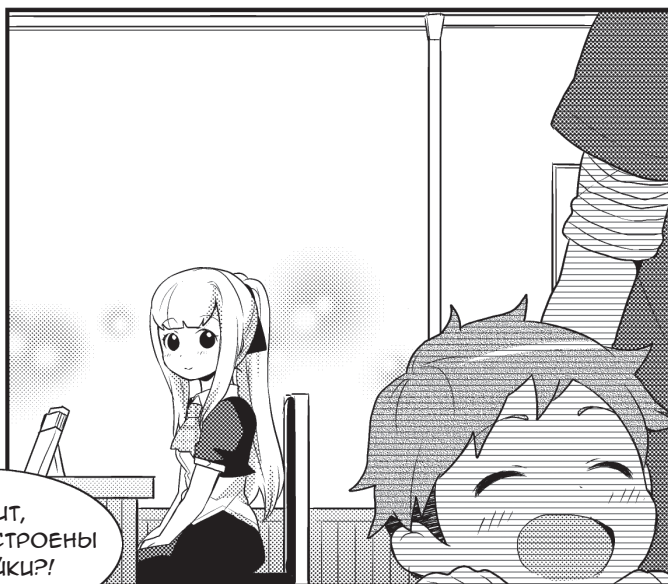
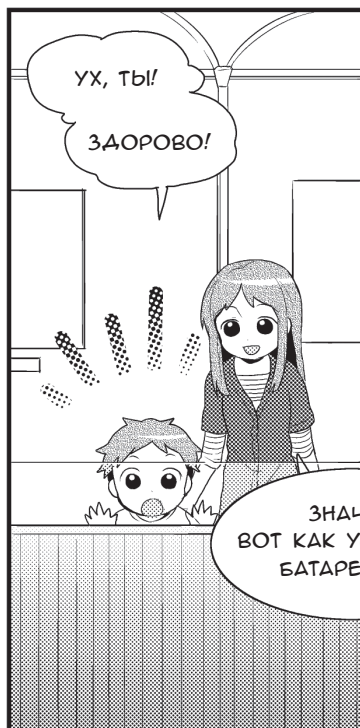
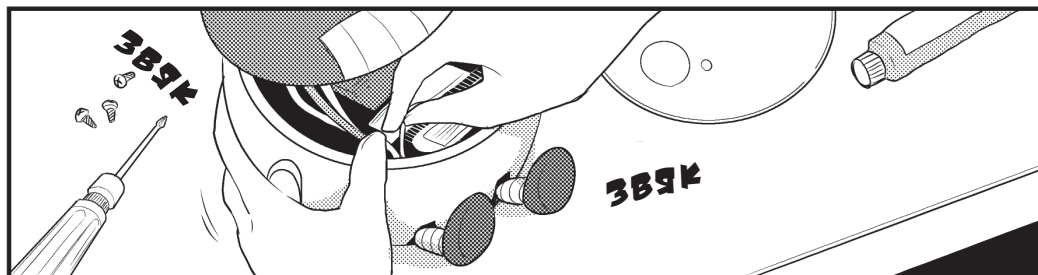


Рис. 5.16. Устройство термоэлектрической атомной батареи (Кобаяси Масатоси. Промышленное использование радиации. 1977)

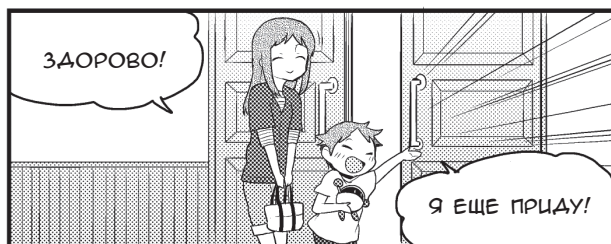
**Источник энергии для кардиостимуляторов** Раньше в электрокардиостимуляторах применялись малые атомные батареи, использующие в качестве источника энергии  $^{238}\text{Pu}$ . Замена вживленных в организм кардиостимуляторов каждый раз требует хирургической операции и, кроме того, очень финансово затратно. Применение атомных батарей значительно снижало нагрузку на пациента, поэтому такие батареи часто использовались в Европе и США. Но когда были изобретены литиевые батареи с долгим сроком службы, атомные батареи перестали применять в кардиостимуляторах.

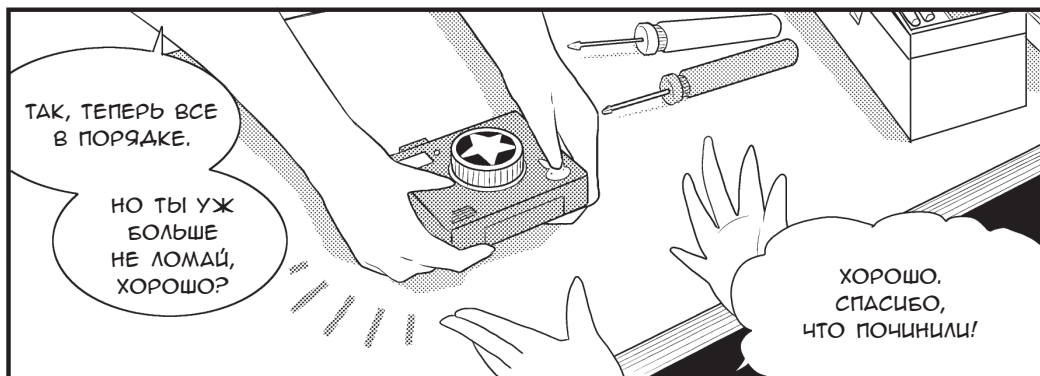
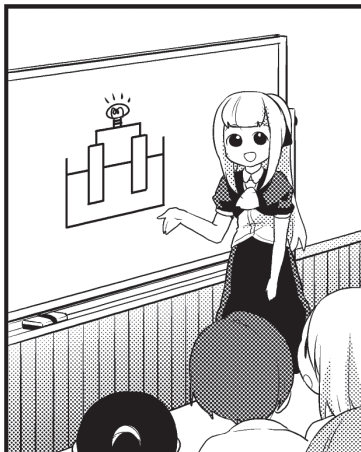
**Использование в отдаленных районах** Раньше атомные батареи часто использовали на побережье Северного Ледовитого океана в Сибири.

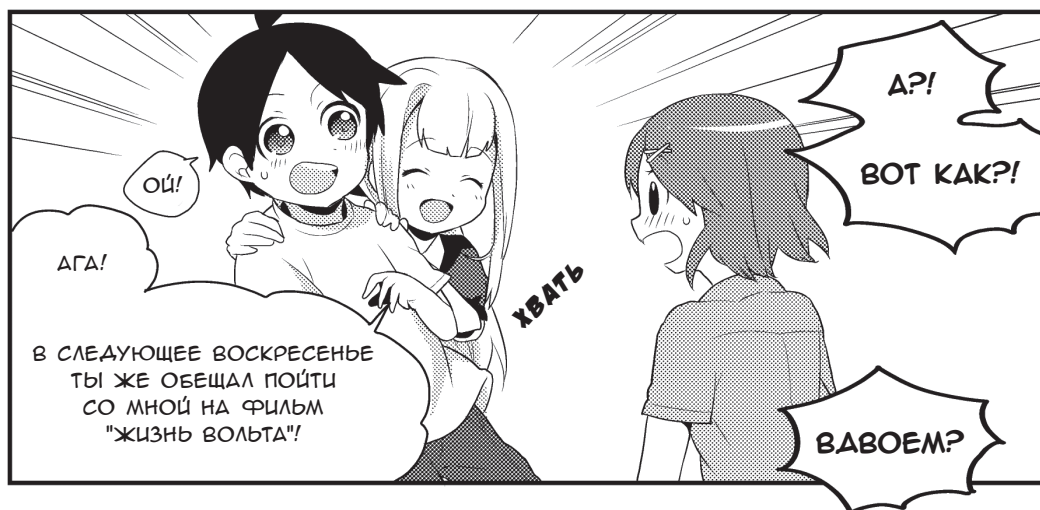
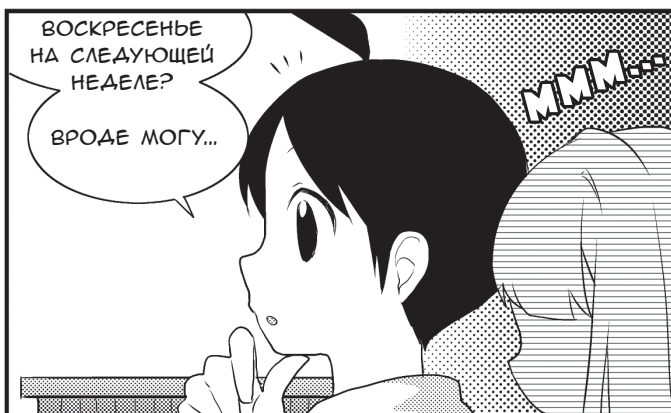
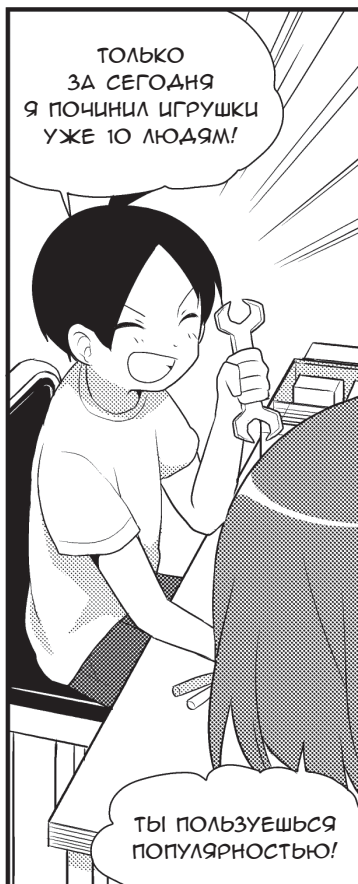




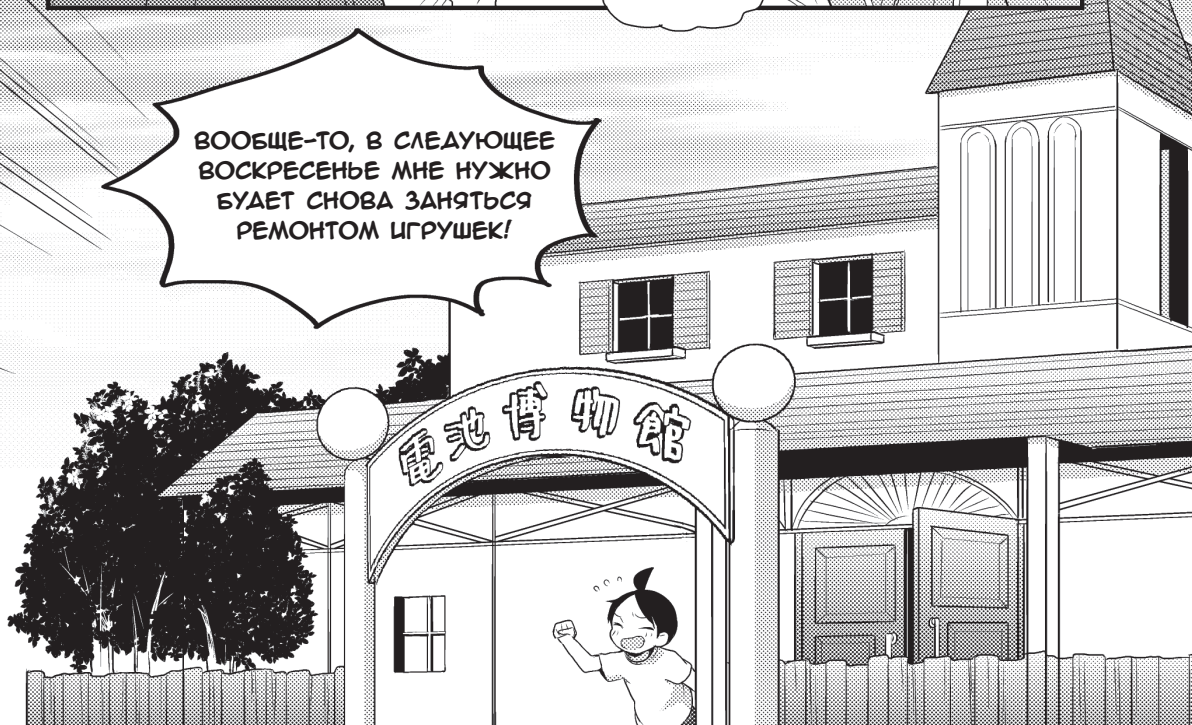














# ПРИЛОЖЕНИЕ

# ГЛОССАРИЙ

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LiB</b>                                        | Lithium Ion Batteries – литий-ионные батареи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>SEI</b>                                        | Solid Electrolyte Interface – твердоэлектролитная пленка. Пленка, образующаяся в литий-ионных батареях на границе раздела графитового отрицательного электрода и электролита, обладающая способностью пропускать только ионы лития. Качества этой пленки влияют на емкость батареи и срок ее службы                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Аккумуляторный блок</b>                        | Батарея, состоящая из двух и более одиночных электрических элементов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Активное вещество</b>                          | Вещество, участвующее в производстве электрической энергии                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Активное вещество положительного электрода</b> | Вещество, обладающее сильными окислительными свойствами и вызывающее электрическую реакцию на положительном электроде. В основном используются оксиды металлов, такие как: диоксид марганца, оксигидроксид никеля, диоксид свинца, оксид кобальта-лития и др. Кислород воздуха тоже является активным веществом положительного электрода                                                                                                                                                                  |
| <b>Активное вещество отрицательного электрода</b> | Вещество, обладающее сильными восстановительными свойствами и вызывающее электрическую реакцию на отрицательном электроде. Используются металлы, например литий, свинец, цинк и т. д.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Быстрый заряд/разряд</b>                       | Когда заряд или разряд батареи происходит большой силой тока                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Внутреннее короткое замыкание</b>              | Возникает при прямом контакте между положительным и отрицательным электродами внутри батареи вследствие повреждения сепаратора или проникновения проводящего вещества через сепаратор. При этом батарея нагревается, что опасно                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Внутреннее сопротивление</b>                   | Сопротивление между клеммами батареи, общее внутреннее сопротивление батареи. Чем оно меньше, тем лучше                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Вторичная батарея</b>                          | Батарея, которая после разряда может быть снова заряжена и использована                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Глубина разряда</b>                            | Отношение разрядной емкости батареи к ее номинальной емкости. Выражается в процентах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Емкость</b>                                    | Количество электричества, отдаваемое батареей при разряде до того момента, как напряжение на клеммах упадет до значения конечного напряжения. Измеряется в ампер-часах (А·ч). Также означает количество электричества, которое может быть отдано батареей                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Заряд</b>                                      | Процесс, когда к разряженной батарее подсоединяют внешний источник энергии (к плюсу и минусу батареи подсоединяют соответственно плюсовой и минусовой контакты источника) с большим напряжением, чем на клеммах батареи, обеспечивая постоянный поток электрической энергии до тех пор, пока напряжение не станет номинальным. При этом возникают химические реакции, обратные тем, какие идут при разряде батареи, в результате чего восстанавливаются активные вещества на электродах и емкость батареи |

|                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Заряд постоянным током при постоянном напряжении</b> | CCCV (Constant Current Constant Voltage) – способ заряда батареи, когда заряд происходит при постоянной силе тока, а при приближении к завершению заряда переключается на постоянное конечное напряжение. При этом в начале периода заряда обеспечиваются мягкие условия, и в конце периода реакция заряда протекает медленно, благодаря чему обеспечивается заряд батареи до номинальной емкости                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Заряд слабым током</b>                               | Способ заряда постоянным слабым током (уровня C/50-C/20). Например, когда батарея используется в качестве источника энергии при аварийном освещении, она отсоединяется от нагрузки (аварийного освещения) и постоянно заряжается слабым током, большим, чем ток саморазряда. А в случае необходимости, когда внешний источник тока отключен, сразу соединяется с аварийным освещением и обеспечивает его работу. Большой ток использовать нельзя, так как возникает вероятность перезаряда, что может привести к порче батареи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Испытание на разряд</b>                              | Разряд через постоянное сопротивление. Так проводят испытание разряда первичных батарей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Конечное напряжение</b>                              | Напряжение, показывающее предельную величину заряда или разряда батареи. В первичных батареях оно определяет срок службы батареи, во вторичных определяет конец разряда или заряда батареи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Коэффициент отдачи по току</b>                       | <p>Отношение разрядной емкости во время цикла работы к начальной емкости батареи, выраженное в процентах. Хотя существуют такие замечательные батареи, в которых после продолжающихся циклов заряда и разряда начальная емкость остается неизменной на протяжении долгого времени, в общем случае, даже если кулоновская эффективность равна 100 %, с повторением циклов заряда и разряда емкость батареи уменьшается. Для литий-ионных батарей срок службы определяется моментом, когда коэффициент отдачи по току становится равным 60 %. Причины снижения этого коэффициента разные у разных типов батарей. Такими причинами могут быть разрушение кристаллической структуры активного вещества на положительном или отрицательном электроде, выпадение частиц активного вещества из коллектора тока, разложение или истощение электролита, накопление продуктов разряда на поверхности активного вещества, износ сепаратора и многое другое. Нередко оценивают срок службы положительного и отрицательного электродов по отдельности. Так что коэффициент отдачи по току вычисляется довольно часто.</p> <p>Кроме того, в первичных батареях и в заряженных вторичных батареях по прошествии некоторого времени емкость батареи снижается вследствие саморазряда. Это тоже описывается коэффициентом отдачи по току. В общем случае первичные батареи имеют более высокий коэффициент отдачи по току, чем заряженные вторичные. Однако в современных вторичных батареях скорость саморазряда была снижена, что позволило улучшить коэффициент отдачи по току</p> |

---

**Кулоновская  
эффективность  
и энергоэффектив-  
ность**

Одним из показателей оценки производительности вторичных батарей является показатель, измеряемый отношением количества выработанного батареей электричества к количеству потребленного при заряде (ампер-часов, А·ч) или отношением выработанной электроэнергии (ватт-часов, Вт·ч) к потребленной. Этот показатель называется кулоновской эффективностью (также используются названия: зарядно-разрядная эффективность и энергоэффективность), измеряется в процентах. Если полностью заряженную батарею разряжают малой силой тока, затем таким же током заряжают до  $C_A$  (А·ч) и снова тем же током разряжают до емкости  $C_B$ , тогда кулоновская эффективность будет равна  $(C_B/C_A) \times 100$ . Кулоновская эффективность используется для оценки вторичных батарей, а также иногда для оценки электродов по отдельности.

Энергоэффективность при заряде и разряде постоянным током определяется как:

Кулоновская эффективность  $\times$  (Среднее напряжение разряда / Среднее напряжение заряда)  $\times 100$ .

Средние напряжения разряда и заряда практически равны значениям, соответствующим средним значениям емкости (времени) на разрядной и зарядной кривых. Чем больше внутреннее сопротивление батареи, тем ниже ее среднее напряжение разряда и тем выше среднее напряжение заряда, а значит, энергоэффективность будет низкой

---

**Мощность  
и удельная мощность**

В процессе использования батарей, например, в качестве источника энергии для двигателей, часто бывает необходимым большой поток электричества или мгновенная мощность. Для оценки данных свойств батареи используется, кроме показателя плотности энергии, также показатель удельной мощности. Он измеряется в Вт/кг или в Вт/дм<sup>3</sup>. Мощность батареи  $P$  (Вт) при разряде является произведением силы тока ( $I$ ) и напряжения под нагрузкой ( $E$ , еще называется напряжением замкнутой цепи), то есть:

$$P = I \cdot E = I(E_{\text{cell}} - IR) = \frac{E_{\text{cell}}^2}{4R} - R\left(I - \frac{E_{\text{cell}}}{2R}\right)^2. \quad (1)$$

Здесь  $E_{\text{cell}}$  – это электродвижущая сила батареи, а  $R$  – внутреннее сопротивление батареи. При разряде батареи наибольшее значение мощности  $P$  может быть достигнуто при силе тока  $E_{\text{cell}}/2R$ . Однако реальные батареи сконструированы таким образом, что не может быть достигнуто даже значение  $E_{\text{cell}}^2/4R$ . В такой батарее мощность  $P$  будет ограничена значениями произведения величины разрядного тока, меньшей, чем максимально возможная сила тока, и разрядного напряжения, большего, чем минимально возможное значение напряжения

---



|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Напряжение под нагрузкой</b>        | <p>Напряжение в батарее между электродами при наличии нагрузки. При разряде батареи напряжение под нагрузкой будет ниже ЭДС батареи <math>E_{ocv}</math>. Если внутреннее сопротивление батареи равно <math>R</math>, то напряжение под нагрузкой (его еще называют напряжением замкнутой цепи) можно вычислить по следующей формуле:</p> $E = E_{ocv} - IR. \quad (1)$ <p>Здесь <math>I</math> – сила тока; <math>R</math> – внутреннее сопротивление батареи, являющееся суммой сопротивления электролита внутри батареи, сопротивления реакции при работе батареи, сопротивления при перемещении ионов и т. д.</p> |
| <b>Напряжение разомкнутой цепи</b>     | <p>Также называется OCV (Open Circuit Voltage). Напряжение между положительной и отрицательной клеммами батареи при разомкнутой цепи. Для неразряженной свежей батареи это напряжение практически равно <math>E_{cell}</math>. В общем случае, по мере разряда батареи значение напряжения разомкнутой цепи уменьшается</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Непрерывный разряд</b>              | <p>Разряд батареи без перерывов</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Номинальная емкость</b>             | <p>Гарантированная разрядная емкость, которая может быть получена при разряде до установленного конечного напряжения при определенной температуре. Устанавливается JIS</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Номинальное напряжение</b>          | <p>Напряжение, указываемое на батарее, приблизительно равное напряжению в цепи с еще не использованной батареей. Значение устанавливается JIS</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Одиночный электрический элемент</b> | <p>Один элемент в составе батареи</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>«Окисление» батареи</b>             | <p>Выделение белого порошка через уплотнитель в щелочных батареях. Может быть удален с помощью протирания</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Остаточная емкость</b>              | <p>Значение, показывающее, какое количество электричества еще может отдать частично разряженный аккумулятор</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Отрицательный электрод</b>          | <p>Клемма со знаком «-» (минус). Электрод, от которого электроны поступают во внешнюю цепь. На границе соприкосновения этого электрода с электролитом проходит реакция окисления. Электрод, в направлении которого электрический ток поступает из внешней цепи. Термин «катод» в батареях не используется</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Первичные батареи</b>               | <p>Химические батареи, которые невозможно заново зарядить</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Перезаряд</b>                       | <p>Продолжение заряда вторичных батарей после достижения состояния полной заряженности. Опасность перезаряда заключается в том, что раствор электролита разлагается, и выделяется газ, в литий-ионных батареях увеличивается окислительная способность активного вещества положительного электрода. В никель-водородных батареях перезаряд становится причиной появления эффекта памяти</p>                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Переразряд</b>                      | <p>Ситуация, когда разряд батареи продолжается даже после достижения конечного напряжения разряда. Это служит причиной протекания батареи вследствие разложения электролита</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Плавающий заряд</b>                  | Метод поддержания в заряжаемой батарее постоянного напряжения с помощью внешнего источника постоянного тока. Нагрузка включается параллельно. Поддерживание постоянного напряжения предотвращает перезаряд. Используется в источниках питания UPS (источниках бесперебойного питания) с целью предотвращения мгновенного прерывания работы |
| <b>Продолжительность разряда</b>        | Период времени, в течение которого рабочее напряжение падает до значения конечного напряжения, когда разряд батареи происходит при постоянном сопротивлении или постоянном токе. В случае прерывистого разряда чистое время разряда складывается                                                                                           |
| <b>Положительный электрод</b>           | Клемма со знаком «+» (плюс). Электрод, к которому двигаются электроны во внешней цепи, где на границе соприкосновения с электролитом осуществляется реакция восстановления. Электрод, от которого течет ток во внешнюю цепь. Термин «анод» в батареях не используется                                                                      |
| <b>Постоянный ток заряда и разряда</b>  | Когда заряд и разряд происходят при постоянном значении силы тока. Как правило, постоянный ток заряда и разряда используется для оценки вторичных батарей. Бывает, что исследуют непрерывно чередующиеся циклы заряда и разряда, а бывает, что после заряда батарею на какое-то время оставляют в покое, а потом разряжают                 |
| <b>Прерывистый разряд</b>               | Метод, при котором периоды отдачи энергии во внешнюю цепь чередуются с периодами нахождения источника тока с разомкнутой внешней цепью                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Продолжительность жизни</b>          | Для заряженных первичных батарей может означать либо время, требуемое до полного разряда, либо срок хранения. Для вторичных батарей означает либо длительность цикла заряда/разряда, либо срок до падения емкости батареи до определенного уровня                                                                                          |
| <b>Простая батарейка</b>                | Батарейка, представляющая собой один единичный элемент                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Протекание</b>                       | Утечка из батареи наружу электролитической жидкости                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>«Протекание» батареи</b>             | Явление выделения электролита из-под уплотнителя в щелочных батареях. В зависимости от условий окружающей среды выделение может быть влажным или сухим                                                                                                                                                                                     |
| <b>Разряд</b>                           | Работа батареи при нагрузке                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Разряд большой нагрузкой</b>         | Быстрый разряд батареи при большой нагрузке                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Разрядная емкость</b>                | Количество электричества, которое батарея фактически отдает при разряде                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Разрядно-зарядная кривая</b>         | То же, что разрядно-зарядные характеристики                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Разрядно-зарядные характеристики</b> | Зависимость напряжения от времени при разряде и заряде вторичных батарей                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>С-коэффициент</b><br>(при разряде еще называют коэффициент токоотдачи) | С-коэффициент определяет ток, при разряде которым аккумулятор полностью отдает свою емкость за 1 час. Если батарея в течение 1-го часа полностью разряжается током в 1 А, то ее С-коэффициент будет равен 1 С. Если величину тока увеличить в 10 раз, то время разряда/заряда будет занимать 6 минут, то есть временной коэффициент будет равен 0,1, а С-коэффициент будет равен 10 С. В случае необходимости оценки по отдельности активных веществ положительно-го и отрицательного электродов также используют С-коэффициент. Для этого рассчитывают ожидаемую теоретическую емкость активных веществ, определяют значение силы тока и проводят оценку этого коэффициента. Если значение коэффициента растет, замедляется электрохимическая реакция, снижается коэффициент использования активного вещества, и поэтому уменьшается выработка электроэнергии                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Саморазряд</b>                                                         | Так называется явление, когда батарея не используется, но ее емкость все равно понемногу уменьшается из-за химических реакций. Чтобы сократить потери емкости, следует хранить батареи в прохладном темном месте, например в холодильнике, завернув в полиэтиленовый пакет                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Слабый разряд</b>                                                      | Медленный разряд батареи малым током                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Срок хранения</b>                                                      | Предельный срок неиспользуемой батареи, в течение которого ее емкость остается неизменной. Температура и влажность среды при этом не учитываются                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Теоретическая емкость и коэффициент использования</b>                  | <p>Теоретическое значение емкости, получаемой при разряде активного материала, по закону Фарадея можно вычислить, как показано в формуле (1). Обычно единицей измерения этой величины является мА·ч/г.</p> $\text{Теоретическая емкость} = \frac{1000 \cdot nF}{3600M} = \frac{1000 \cdot 26,8nF}{M} \text{ мА·ч/г.} \quad (1)$ <p>Здесь <math>n</math> – количество электронов, участвующих в реакции, <math>M</math> – атомный или молекулярный вес активного вещества, <math>F</math> – постоянная Фарадея, равная 96 485 Кл/моль. Следовательно, если выбрать вещество с большим <math>n</math> и малым <math>M</math>, то теоретическая емкость будет большой. В реальности активное вещество батареи невозможно использовать на 100 %, поэтому реальная емкость будет ниже теоретической (которую обозначим за <math>Q_0</math>). Если получаемое в реальности количество энергии (разрядную емкость) обозначить за <math>Q</math>, то выраженное в процентах отношение <math>(Q/Q_0)</math> будет являться коэффициентом использования активного вещества. Как правило, чем выше ток разряда, тем меньше коэффициент использования.</p> <p>Принимая во внимание безопасность и производительность батарей, обычно нагрузка на активное вещество положительного и отрицательного электрода разная. Какая-то всегда меньше. Поэтому теоретическая емкость батареи определяется по тому активному веществу, которого меньше</p> |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Теоретическая плотность энергии</b> | <p>Электрическая энергия, которая может быть получена от батареи, является произведением количества электричества (разрядной емкости) и напряжения. А количество электричества является произведением силы тока, протекающего через внешнюю цепь, и времени.</p> <p>Формула</p> $-\Delta C = nFE_{\text{cell}} \quad (1)$ <p>показывает изменение свободной энергии Гиббса, то есть максимальную энергию, которую можно извлечь из батареи. Другими словами, максимальную энергию разряда, которая является теоретическим количеством энергии. Здесь <math>n</math> – количество электронов, участвующих в электрохимических реакциях, <math>F</math> – постоянная Фарадея, а <math>E_{\text{cell}}</math> – электродвижущая сила батареи.</p> <p><math>F = 96,485 \text{ Кл/моль} = (96,485 \text{ А} \cdot \text{ч} / 36,00 \text{ с}) \text{ ч/моль} = 26,8 \text{ А} \cdot \text{ч/моль}</math>.</p> <p>Величина <math>nFE_{\text{cell}}</math> измеряется в Вт·ч. Если ее поделить на сумму молярных масс участвующего в реакции активного вещества положительного и отрицательного электродов, то получится теоретическая массовая плотность энергии (Вт·ч/г). Если же поделить на объем активного вещества, то получится теоретическая объемная плотность энергии (Вт·ч/см<sup>3</sup>). Следовательно, чем больше значение <math>n</math> и <math>E_{\text{cell}}</math> в правой части формулы (1) и чем меньше количество и атомный вес активного вещества, тем больше значение теоретической плотности энергии</p> |
| <b>Топливный элемент</b>               | Система преобразования энергии из непрерывно поступающих извне водорода и кислорода в качестве активных веществ; осуществляется на положительном и отрицательном электродах электрохимическими реакциями, в результате которых вырабатывается электро-энергия и выделяется продукт реакции – вода                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Физическая батарея</b>              | Батареи, в которых электрическая энергия вырабатывается в результате физических явлений. К физическим батареям относятся солнечные и термоэлектрические батареи, двухслойные электрические конденсаторы, атомные батареи и т. д.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Химическая батарея</b>              | Батареи, в которых электрическая энергия получается в результате электрохимических реакций. Среди них: первичные, вторичные батареи, а также топливные элементы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Цикл жизни</b>                      | При повторяющихся заряде и разряде вторичной батареи ее емкость постепенно снижается. Цикл жизни батареи означает количество возможных циклов заряда и разряда батареи при определенных условиях (например, при постоянной температуре и при определенных значениях глубины заряда и силы тока) до падения ее емкости до 80 % (или до 60 %) от первоначального значения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



---

**Электродвижущая сила (напряжение батареи)**

В химической батарее проходят два вида окислительно-восстановительных реакций, выраженных формулами (1) и (2). На положительном электроде протекает реакция восстановления (1), а на отрицательном – окисления (2). Их сумма дает общую реакцию батареи, представлена формулой (3).

$$\text{Положительный электрод: } O_1 + ne^- = R_1. \quad (1)$$

$$\text{Отрицательный электрод: } R_2 = O_2 + ne^-. \quad (2)$$

$$\text{Реакция батареи: } O_1 + R_2 = R_1 + O_2. \quad (3)$$

Здесь  $R_1$  и  $O_2$  – соответственно продукты реакций восстановления и окисления. Для упрощения все коэффициенты реакции взяты равными 1. Примем равновесные потенциалы положительного и отрицательного электродов за  $E_1$  и  $E_2$ . А количество каждого активного вещества за  $a_{O_1}$ ,  $a_{R_1}$ ,  $a_{O_2}$ ,  $a_{R_2}$ . Тогда для каждого электрода получим следующие уравнения Нернста:

$$E_1 = E_1^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{R_1}}{a_{O_1}}; \quad (4)$$

$$E_2 = E_2^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{R_2}}{a_{O_2}}. \quad (5)$$

Здесь  $E_1^0$  – стандартный электродный потенциал к реакции (1), а  $E_2^0$  – стандартный электродный потенциал к обратной реакции (2) ( $O_2 + ne^- = R_2$ ). Другими словами, это потенциалы, определенные относительно стандартного водородного электрода при условии, что концентрации ионов водорода и ионов вещества электрода равны 1.  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $F$  – постоянная Фарадея, а  $T$  – абсолютная температура. Тогда электродвижущая сила (напряжение батареи)  $E_{\text{cell}}$  будет равна разности потенциалов положительного и отрицательного электродов в равновесии (при разомкнутой цепи). А значит, можем выразить ее, вычтя из уравнения (4) уравнение (5).

$$E_{\text{cell}} = E_1^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{R_1} \cdot a_{R_1}}{a_{O_1} \cdot a_{O_1}}; \quad (6)$$

$$E_{\text{cell}}^0 = E_1^0 - E_2^0. \quad (7)$$

$E_{\text{cell}}$  является теоретическим напряжением батареи (теоретической электродвижущей силой)

---

**Энергия и плотность энергии**

Единицей измерения энергии в электроэнергетике принято считать Вт·ч.  $100 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 100 \text{ Вт} \times 1 \text{ ч} = 360\,000 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 360\,000 \text{ В} \times 1 \text{ А} \times 1 \text{ с} = 360\,000 \text{ Кл} \times 1 \text{ В} = 360\,000 \text{ Дж}$ . То есть 100 Вт·ч равно 360 кДж. Плотность энергии означает количество энергии на вес единицы активного вещества (кг) и обычно выражается в Вт·ч/кг. 100 Вт·ч/кг означает, что на 1 кг активного вещества приходится 100 Вт·ч энергии

---

---

**Эффект памяти**

Явление снижения емкости батареи, возникающее при зарядке не полностью разряженных батарей. Возникает в щелочных вторичных батареях, в которых в качестве активного вещества положительного электрода используется гидроксид никеля (например, никель-кадмиевые батареи, никель-водородные батареи). При нескольких повторных полных разрядах и зарядах батарея чаще всего восстанавливается до практически нормального состояния.

Основной причиной является образование метагидроксида  $\gamma$ -никеля в никелевом электроде в результате перезаряда. При правильном же процессе заряд/разряд осуществляется между гидроксидом никеля и метагидроксидом  $\beta$ -никеля

---

**Эффективность преобразования энергии**

Теоретическую эффективность преобразования тепловой энергии в батарее ( $\epsilon_{th}$ ) можно рассчитать по следующей формуле:

$$\epsilon_{th} = \frac{\Delta C}{\Delta H} = \frac{\Delta H - T\Delta S}{\Delta H}. \quad (1)$$

Так как в химических процессах действуют одновременно два противоположных фактора – энтальпийный  $\Delta H$  и энтропийный  $T\Delta S$ , – эффективность преобразования энергии не может быть равна 100 %. Однако значение  $T\Delta S$  в данном случае очень небольшое, поэтому эффективность преобразования может быть довольно высокой. Например, в топливном элементе при температуре 25 °C проходит реакция  $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$ , и значения  $\Delta H$  и  $\Delta G$  будут соответственно равны  $-285,83 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$  и  $-237,13 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$  (имеется в виду, что  $H_2O$  в жидком состоянии), поэтому по формуле (1) получаем, что теоретическая эффективность преобразования энергии равна 83 %. Однако когда система находится в равновесии ( $\Delta G$  равно 0), т. е. цепь разорвана, то рабочее напряжение батареи  $E$  будет ниже  $E_{cell}$ . Кроме того, коэффициент использования активного вещества тоже не равен 100 %, поэтому реальная эффективность преобразования энергии батареи  $\epsilon_{ac}$  будет вычисляться по формуле:

$$\epsilon_{ac} = \frac{\Delta G}{\Delta H} \cdot \frac{E}{E_{cell}} \cdot \frac{Q}{Q_0}. \quad (1)$$

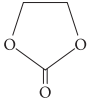
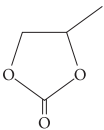
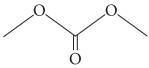
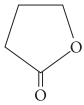
Чтобы повысить значение эффективности преобразования энергии батареи, нужно приближать к 100 % значения  $E/E_{cell}$  и  $Q/Q_0$

---

## Дополнительный материал 1

# ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ, ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БАТАРЕЯХ

| Название вещества        | Химическая формула                                                                 |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Цинк                     | Zn                                                                                 |
| Сера                     | S                                                                                  |
| Хлорид цинка             | ZnCl <sub>2</sub>                                                                  |
| Хлорид аммония           | NH <sub>4</sub> Cl                                                                 |
| Тионилхлорид             | SOCl <sub>2</sub>                                                                  |
| Метагидроксид никеля     | NiOOH                                                                              |
| Перхлорат лития          | LiClO <sub>4</sub>                                                                 |
| Гидроксид калия          | KOH                                                                                |
| Гидроксид натрия         | NaOH                                                                               |
| Кадмий                   | Cd                                                                                 |
| Кобальтат лития          | LiCoO <sub>2</sub>                                                                 |
| Оксид серебра            | Ag <sub>2</sub> O (бывает также AgO, но в основном используется Ag <sub>2</sub> O) |
| Газообразный кислород    | O <sub>2</sub>                                                                     |
| Кремний                  | Si                                                                                 |
| Ртуть                    | Hg                                                                                 |
| Ион водорода             | H <sup>+</sup>                                                                     |
| Газообразный водород     | H <sub>2</sub>                                                                     |
| Гидроксид кадмия         | Cd(OH) <sub>2</sub>                                                                |
| Гидроксид никеля         | Ni(OH) <sub>2</sub>                                                                |
| Гидроксид-ион            | OH <sup>-</sup>                                                                    |
| Углерод (карбон, графит) | C                                                                                  |
| Натрий                   | Na                                                                                 |
| Свинец                   | Pb                                                                                 |

| Название вещества                                                                                           | Химическая формула                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Диоксид марганца                                                                                            | MnO <sub>2</sub>                                                                                             |
| Диоксид свинца                                                                                              | PbO <sub>2</sub>                                                                                             |
| Никель                                                                                                      | Ni                                                                                                           |
| Фториды углерода                                                                                            | (CF) <sub>n</sub>                                                                                            |
| β-оксид алюминия                                                                                            | Na <sub>2</sub> O·11Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           |
| Органические растворители (использование различается в зависимости от типа растворителя из правого столбца) | Этиленкарбонат (EC)<br>    |
|                                                                                                             | Пропиленкарбонат (PC)<br> |
|                                                                                                             | Диметилкарбонат<br>      |
|                                                                                                             | Гамма-бутиролактон<br>   |
| Тетрафтороборат лития                                                                                       | LiBF <sub>4</sub>                                                                                            |
| Серная кислота                                                                                              | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                                                               |
| Сульфат свинца                                                                                              | PbSO <sub>4</sub>                                                                                            |
| Гексафторфосфат лития                                                                                       | LiPF <sub>6</sub>                                                                                            |

## Дополнительный материал 2

# ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ

| Основные элементы                          | Состав и функции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Активное вещество положительного электрода | Вещество с сильными восстановительными свойствами, участвующее в химической реакции в батарее и принимающее электроны. В таком качестве используются, например, диоксид марганца, оксид свинца, оксид серебра, тионилхлорид, воздух (кислород), оксид кобальта лития, оксид марганца лития, сера и др.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Активное вещество отрицательного электрода | Вещество с сильными окислительными свойствами, участвующее в химической реакции в батарее и отдающее электроны. В таком качестве используются, например, литий, свинец, цинк, натрий, водород и т. д.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Проводящий материал                        | Среди активных веществ положительного электрода много таких, которые плохо пропускают электроны. Поэтому к ним добавляют проводящие вещества, чтобы облегчить проникновение электронов. Используются для этого мелкодисперсные углеродные порошки, например углеродная сажа, ацетиленовая сажа и др.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Связующее вещество                         | Многие активные вещества являются порошкообразными, поэтому (например, в литий-ионных батареях) к ним добавляют проводящие вещества, связующие вещества и растворитель, делая суспензию. Эта суспензия затем наносится на фольгу токосъемника, фиксируется и используется в качестве тонкого электрода. В качестве связующего вещества используются, например, диспергированный в водной среде стирол-бутадиеновый сополимер или поливинилиденфторид, растворенный в 1-метил-2-пирролидоне                                                   |
| Раствор электролита                        | Диссоциирующая на ионы жидкость, образованная растворением электролита в воде или в органическом растворителе. Облегчает течение электрического тока. В качестве электролитов, растворяемых в воде, используются хлорид цинка, гидроксид калия, серная кислота, перхлорат лития, гексафторфосфат лития, тетрафтороборат лития, лития тетрагидроалюминат и др. В качестве органических растворителей используются в зависимости от цели пропиленкарбонат, этиленкарбонат, диметилкарбонат, гамма-бутиллактон, тионилхлорид и др.              |
| Коллектор тока                             | Выполняет роль передачи электрического тока от активного вещества наружу или снаружи к активному веществу. В сухих марганцевых батареях это углеродный стержень (положительный электрод), в щелочных марганцевых батареях это медный провод (отрицательный электрод), в пуговичных или дисковых батареях это сам корпус батареи. В литий-ионных батареях в качестве коллектора тока используется алюминиевая фольга на положительном электроде и медная фольга на отрицательном электроде, а активное вещество наносится на них тонким слоем |



| Основные элементы        | Состав и функции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сепаратор                | Пленка, помещаемая между положительным и отрицательным электродами, чтобы предотвратить непосредственный контакт между ними внутри батареи. Может быть изготовлена из крафт-бумаги (в марганцевых сухих батареях); стекловолокна (в свинцовых аккумуляторах); нетканых материалов, таких как винилон, полипропилен, полиэтилен и полиамид (в батареях со щелочным водным раствором); микропористого полиэтилена и полипропилена (в литий-ионных батареях) и т. д. Все сепараторы должны иметь микропоры, через которые могут пройти ионы. Кроме того, сепараторы должны обладать химической стойкостью, стойкостью к окислению и способностью к восстановлению. В литий-ионных батареях при повышении температуры внутри батареи вследствие какой-либо проблемы сепаратор плавится, блокирует микропоры, останавливает поток ионов и тем самым выполняет защитную функцию |
| Корпус батареи           | Система выработки электроэнергии. Другими словами, контейнер, соединяющий в себе положительный и отрицательный электроды, раствор электролита и т. д.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| РТС-элемент              | Устанавливаемый в литий-ионных батареях температурный предохранитель. Если вследствие каких-либо проблем повышается температура в батарее, этот элемент повышает сопротивление, останавливает течение тока и тем самым защищает батарею от перегрева                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Предохранительный клапан | Когда во вторичных батареях вследствие каких-либо ошибок возникает перезаряд или переразряд, то раствор электролита разлагается, и выделяется газ, который приводит к повышению давления внутри батареи. Чтобы в таком случае защитить батарею от разрушения, устанавливают клапан давления, который при повышении давления выше определенного уровня выпускает газ, тем самым снижая давление в батарее                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Книги издательства «ДМК ПРЕСС» можно купить оптом и в розницу в книготорговой компании «Галактика» (представляет интересы издательств «ДМК ПРЕСС», «СОЛОН ПРЕСС», «КТК Галактика»).

Адрес: г. Москва, пр. Андропова, 38;

тел.: **(499) 782-38-89**, электронная почта: **books@aliens-kniga.ru**.

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.a-planet.ru**.



Фудзитаки Кадзухирос и Сато Юити (авторы), Манъиши Мари (художник)

## Источники питания

### Манга

Главный редактор *Д. А. Мовчан*

*dmkpress@gmail.com*

Переводчик *С. Л. Плеханова*

Корректор *Г. И. Синяева*

Верстальщик *А. А. Чаннова*

Формат 70×100 1/16.

Гарнитура Anime Ace. Печать офсетная.

Усл. п. л. 15,76. Тираж 500 экз.

Отпечатано в ООО «Принт-М»

142300, Московская обл., Чехов, ул. Полиграфистов, 1

Веб-сайт издательства [www.dmkpress.com](http://www.dmkpress.com)