

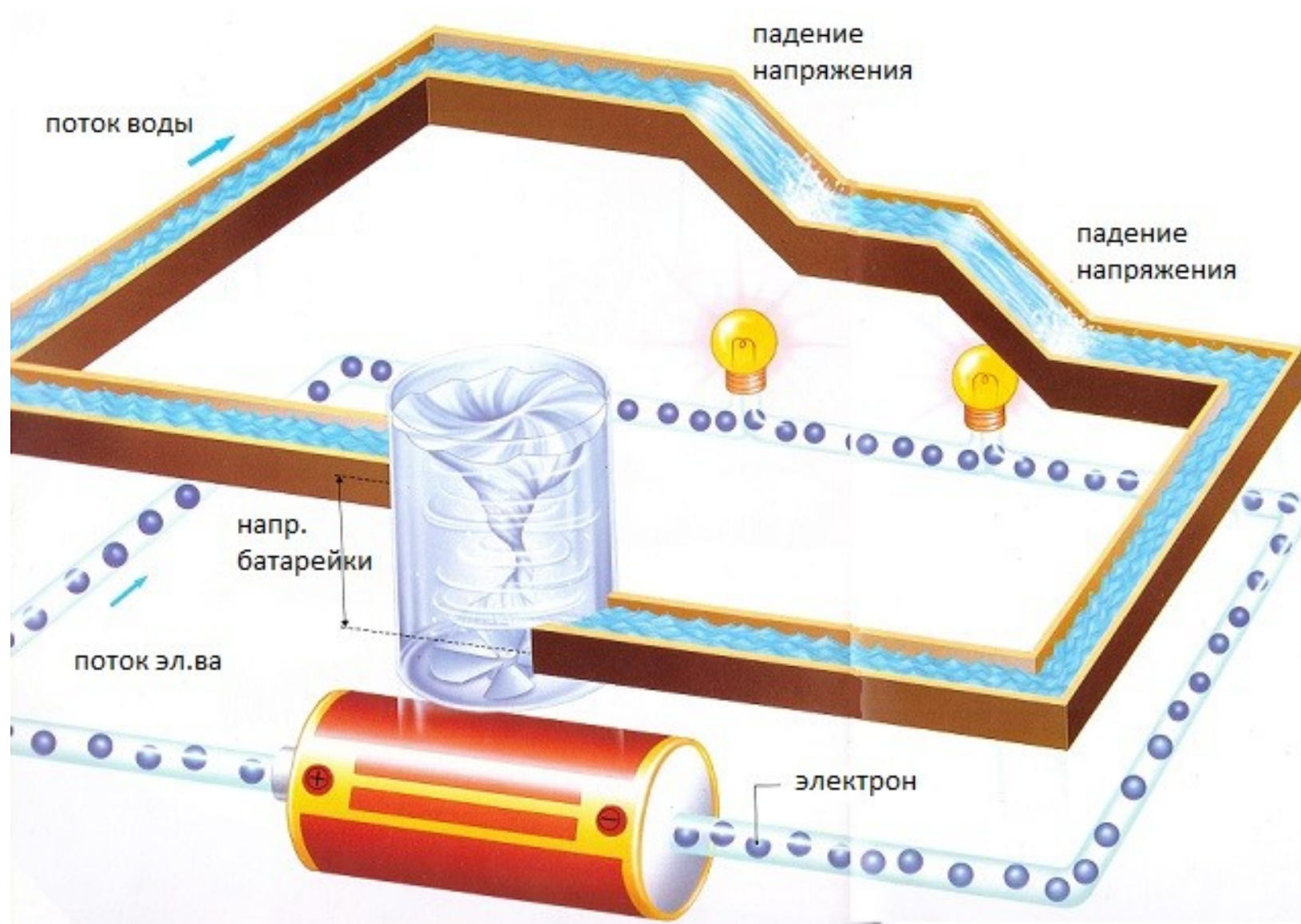
Физические основы

- Электрический заряд – свойство тел быть источником электромагнитных полей и принимать участие в электромагнитном взаимодействии
 - Закон Кулона, закон Ампера, ...
- Заряд квантуется, e – элементарный электрический заряд, заряд электрона - $-e$

Электрический ток

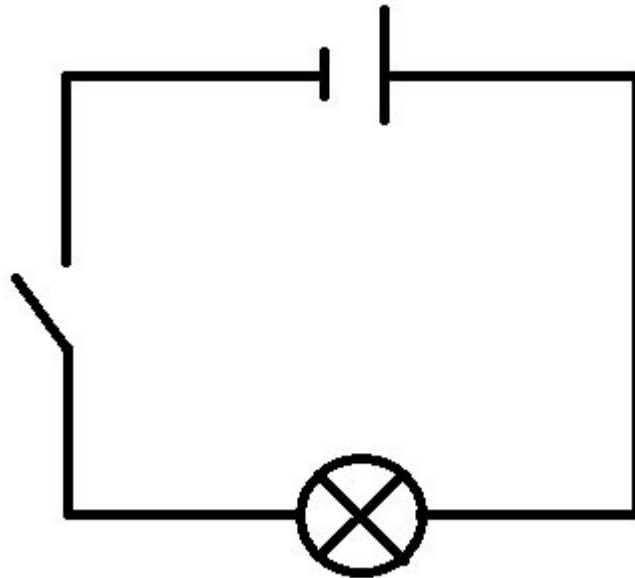
- Электрический ток
 - Протекание заряда через некоторое сечение за единицу времени
 - $I = dq/dt$
 - Единица измерения – ампер
- Напряжение (разность потенциалов)
 - ΔV или ΔU – работа эффективного электрического поля по перемещению пробного заряда между двумя точками цепи
 - Единица измерения - вольт

Гидродинамическая модель



Электрическая цепь

- Совокупность элементов, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью силы тока I и напряжения V
- В электрической цепи есть условный 0 (земля)

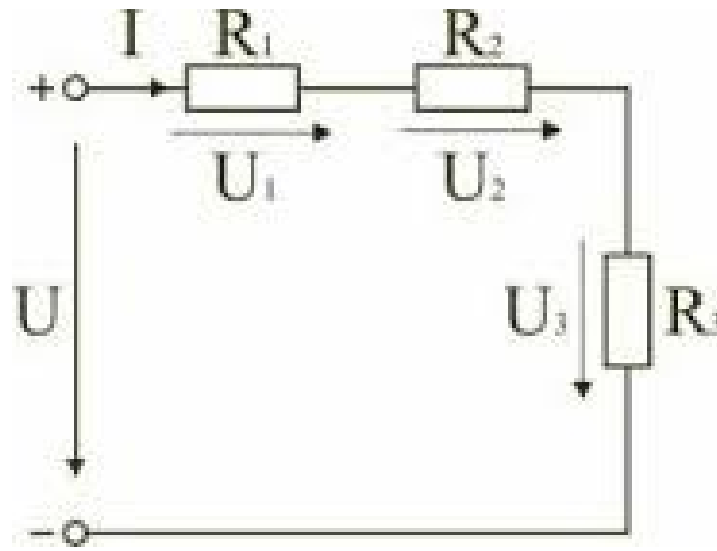


Электрическая цепь

- Ток течет в направлении уменьшения потенциала (от + к -)
- Основные носители заряда (электроны) движутся в обратном направлении
- Линейная цепь – поведение описывается линейными дифференциальными уравнениями

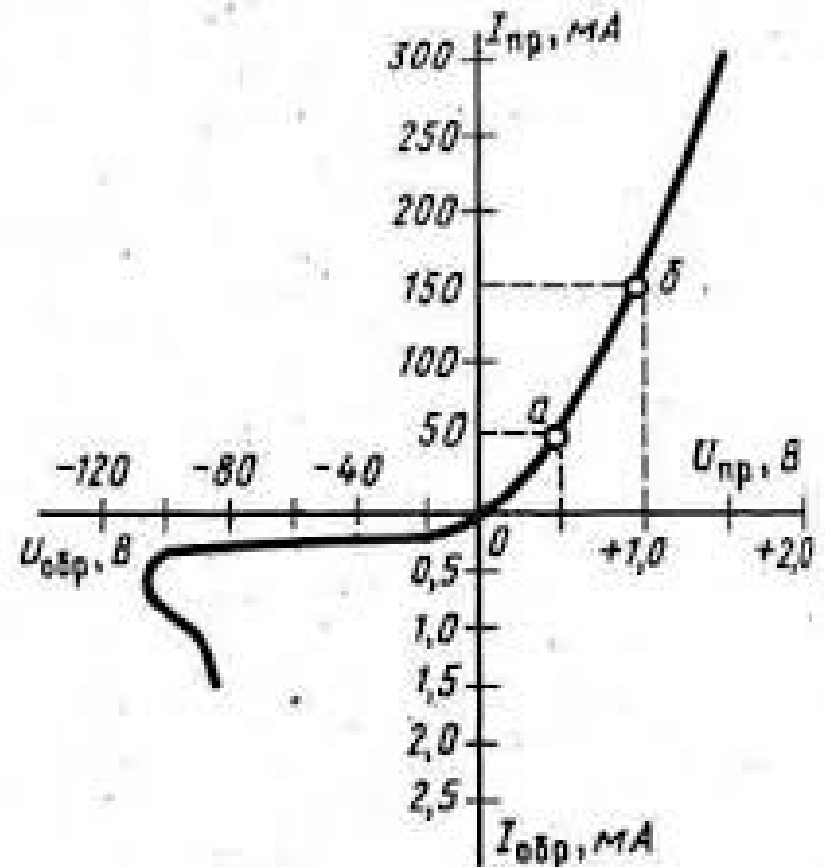
Цепь постоянного тока

- В каждой точке цепи ток не меняется со временем
- Закон Ома: $I = V/R$
- R – (активное) сопротивление участка цепи – характеристика преобразования электрической энергии в тепловую
- $P = I * V = V^2 / R$



Вольт-амперная характеристика

- Зависимость протекающего тока от приложенного напряжения
- Резистор – линейная ВАХ



Цепь переменного тока

- Напряжение изменяется по закону:
$$V = V_0 \sin \varphi$$
- Линейные элементы – резисторы, конденсаторы, индуктивности
- Закон Ома:
$$I = V / R$$
- I , V , R – комплексные числа
- Сопротивление R состоит из двух компонент: активной и реактивной

Цепь переменного тока

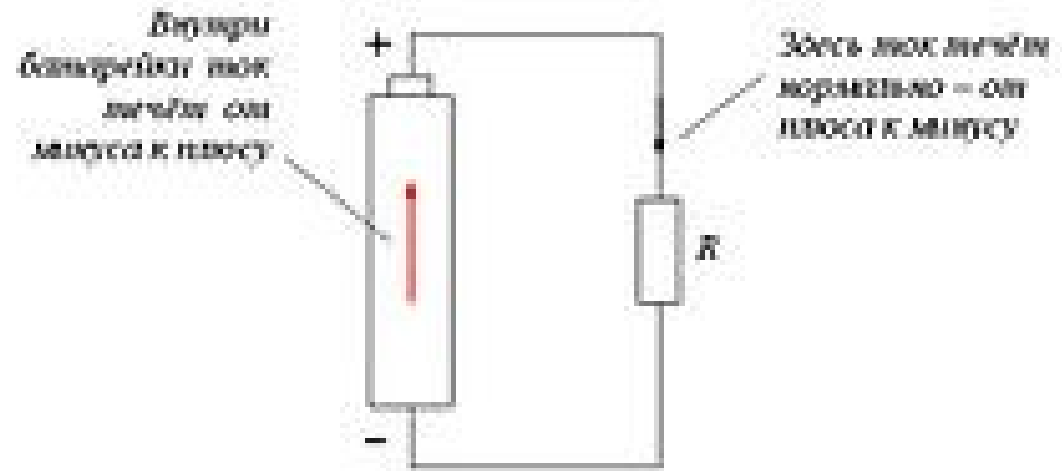
- Емкость C – свойство элемента цепи накапливать заряд
- Элемент цепи – конденсатор
- Реактивное сопротивление: $1/\omega C$
- Индуктивность L – свойство элемента цепи породить магнитное поле
- Элемент цепи – катушка индуктивности
- Реактивное сопротивление: ωL

Цифровая электроника

- Напряжение передает сигнал
 - 5V TTL Logic:
 - 0 – 0.8V - “Low” (logical 0)
 - 2.0 – 5.0 - “High” (logical 1)
- Логические элементы должны обладать
 - Малым “выходным” сопротивлением (чтобы падение напряжения не искажало сигнал)
 - Большим “входным” сопротивлением (чтобы тек маленький ток)
- Выходы могут переключаться в режим “высокоимпедансного состояния” - как бы отключаются от цепи
- Ток течет при переключении состояния

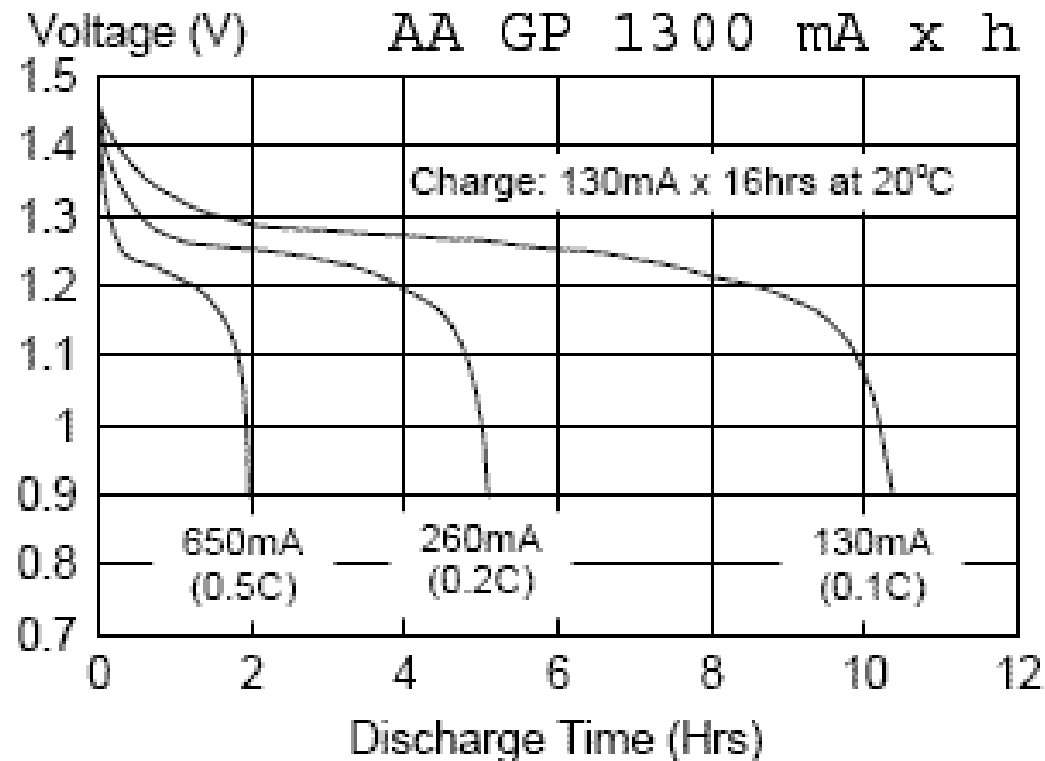
Электропитание

- Электрическая сеть
- Топливные элементы
- Аккумуляторы



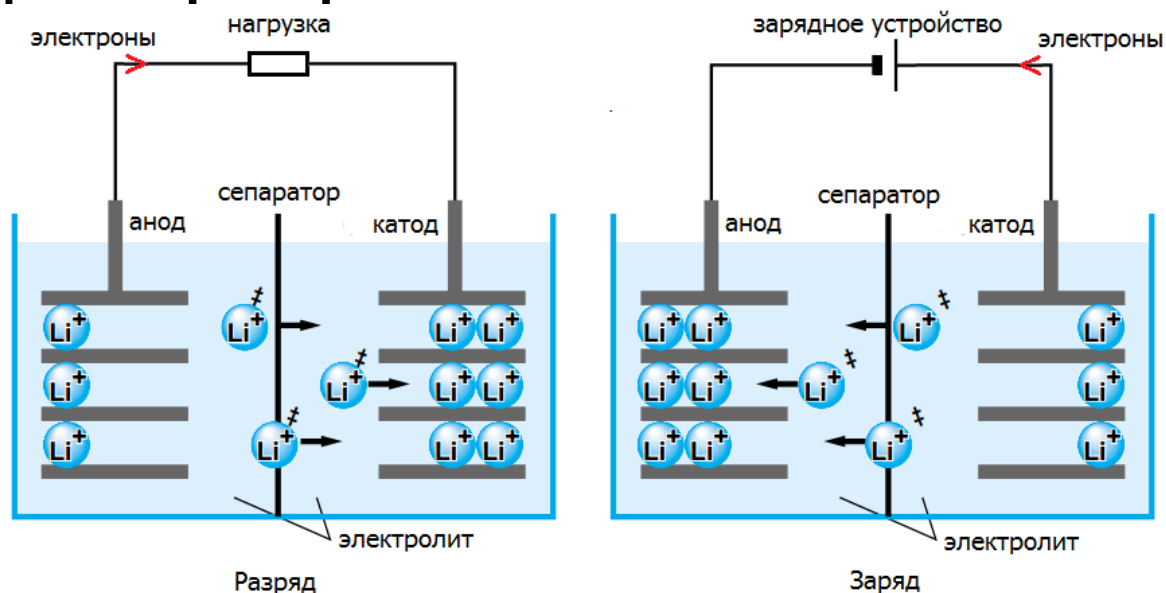
Емкость аккумуляторов

- Измеряется в ампер-часах или $\text{mA} \cdot \text{ч}$
- Например, 2000 mAh означает, что аккумулятор способен выдать ток 2A в течении одного часа
- На самом деле:
нелинейная
зависимость
от нагрузки



Li-ion аккумуляторы

- Батареи состоят из нескольких ячеек
- Телефоны и другая мобильная электроника – одна ячейка
- Потенциал заряженной ячейки – 4.3V
- Потенциал разряженной ячейки – 2.5 - 3V



Материалы

- Анод (+) - графит
- Катод (-) - металл, нестабильный при высоком заряде (высокая степень окисления)
- Электролит – органический растворитель с ионами Li
- Все материалы - горючи

Безопасность

- При перегреве – разлагается электролит, “вспухание”
- При перезаряде – крайне неустойчивый катод – тепловой разгон
- При переразряде – распад электролита
- При КЗ – тепловой разгон
- **Крайне важно поддерживать правильный режим зарядки и разрядки аккумулятора**

Управляющий контроллер

- Каждый аккумулятор содержит управляющий программируемый микроконтроллер (~32 KiB Program ROM, ~4KiB RAM, ~4KiB Flash ROM)
- Ошибка в программе микроконтроллера может приводить к критическим последствиям

Прогресс в технологиях

- 20 лет назад емкость катода - 100-120 мАч/г
- сейчас используется катод с 160-180 мАч/г
-
- За 20 лет “плотность” аккумуляирования энергии увеличилась на 60%