



МИРЭА – Российский Технологический Университет
Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова
Кафедра неорганической химии им. А.Н. Реформатского

«ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ»

В КАРМАНЕ

(химические источники тока)

Лектор: доц., к.х.н. Дорохов Андрей Викторович

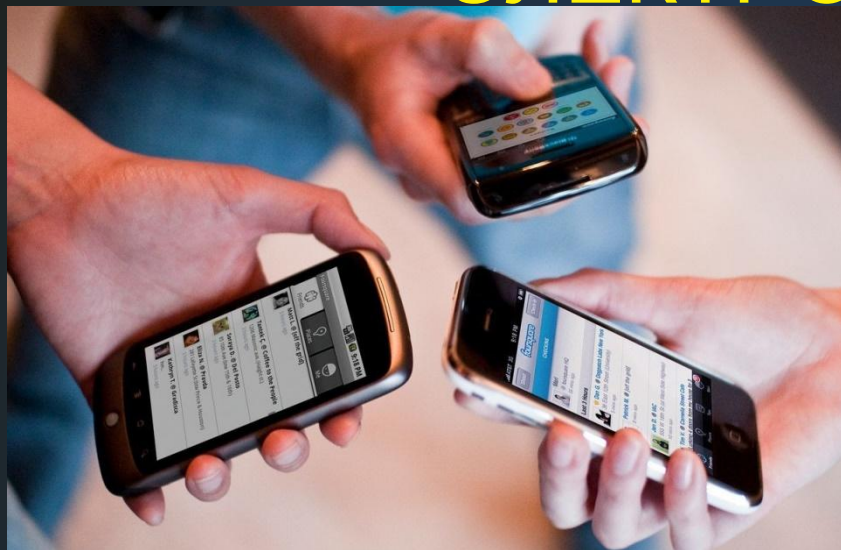
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ В НАШЕЙ ЖИЗНИ



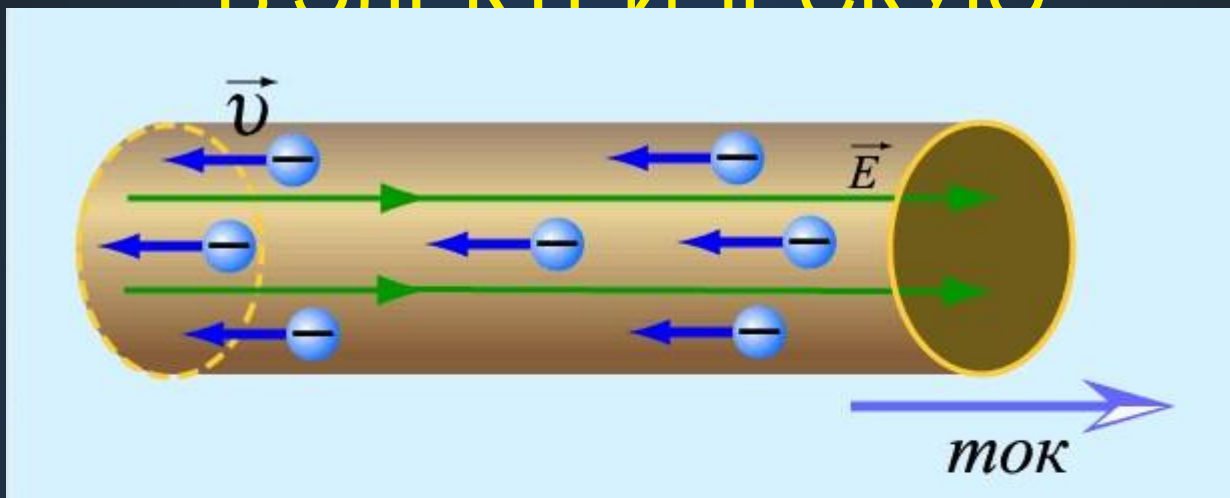
ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



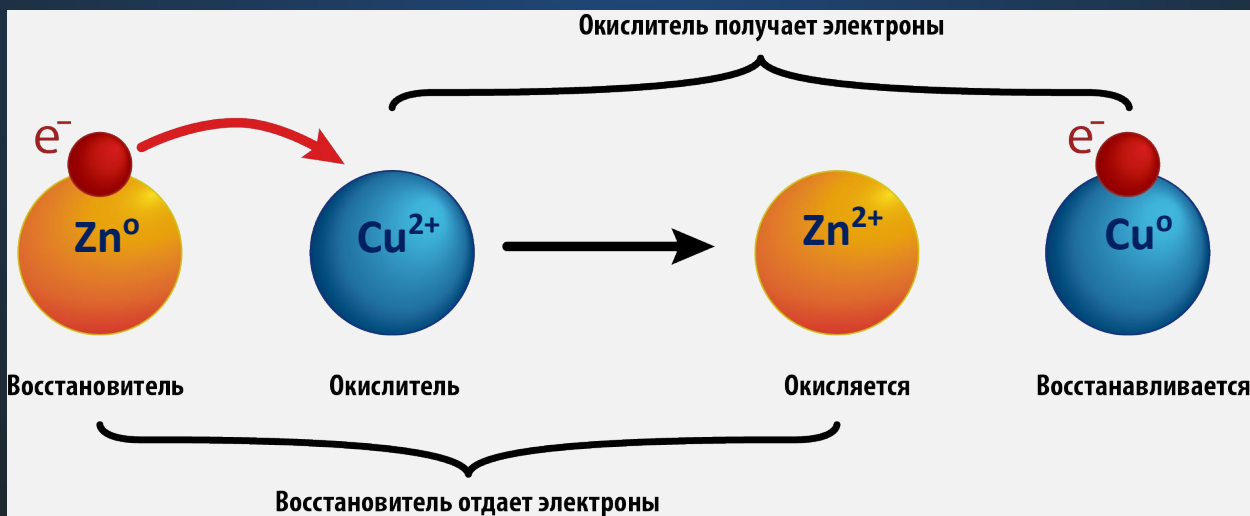
ПОРТАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

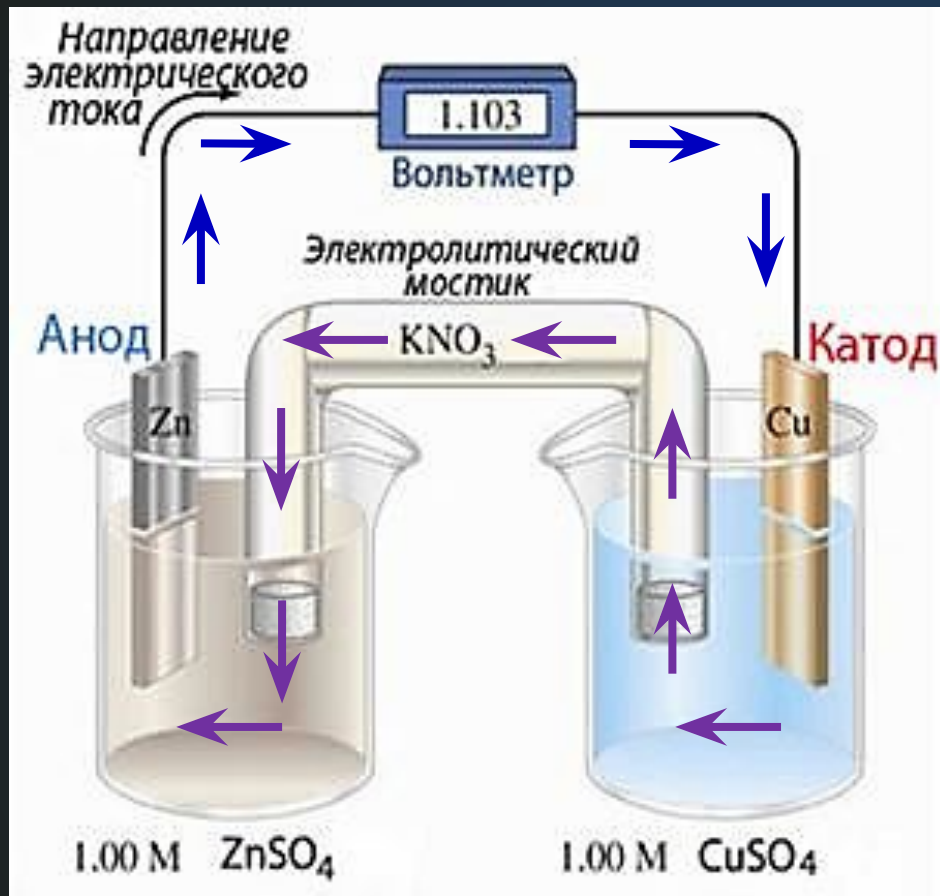


Электрический ток – направленное движение электронов



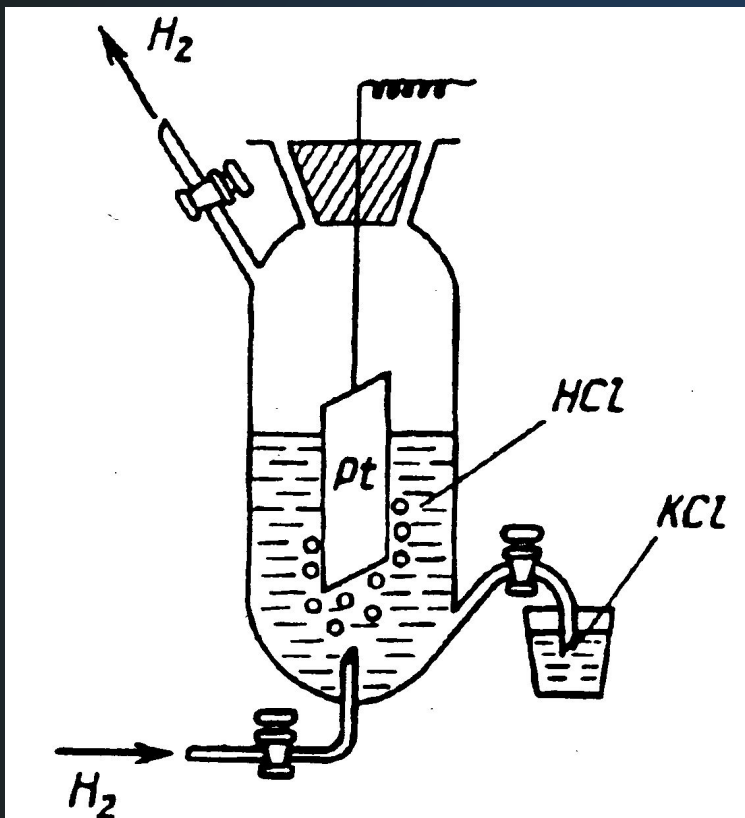
ОВР – передача электронов окислителю от восстановителя

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

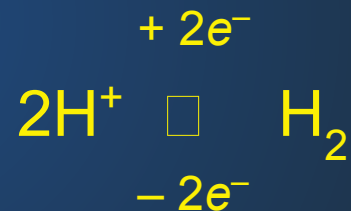


$$\text{ЭДС} = E_{\text{н}} - E_{\text{л}} = E(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = 0.34 + 0.76 = 1.1 \text{ В}$$

Стандартный водородный электрод (СВЭ)



Платиновый электрод, покрытый порошком Pt, в водном растворе кислоты с $C(\text{H}^+) = 1$ моль/л, омываемый газообразным водородом ($p = 1$ атм) при 298 К



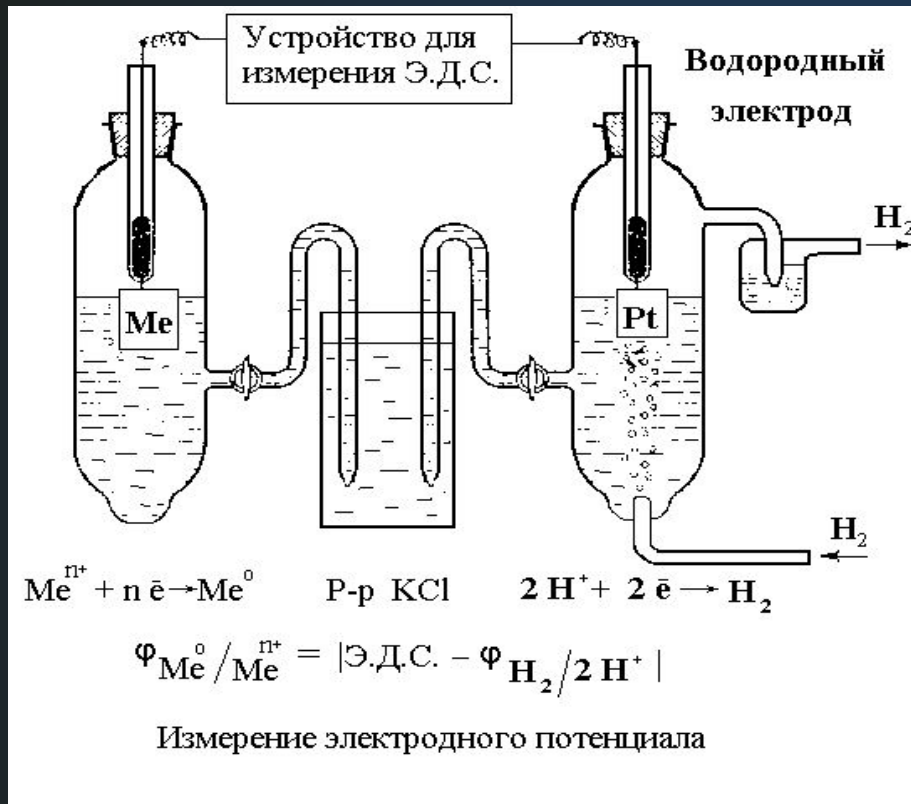
$$E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0 \text{ В (условно!)}$$

Стандартные условия:

$p = 1$ атм., $C_i = 1$ моль/л

(25 °C = 298 К)

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ



Анод (окисление):



Катод (восстановление):

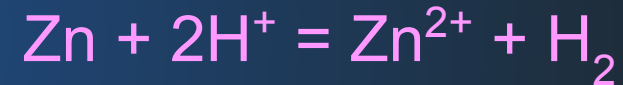
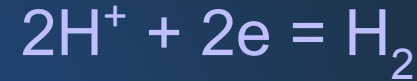
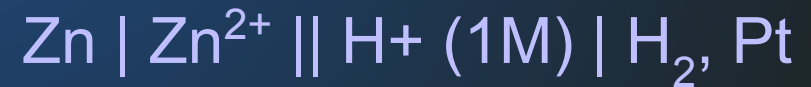


Схема гальванического эл-та



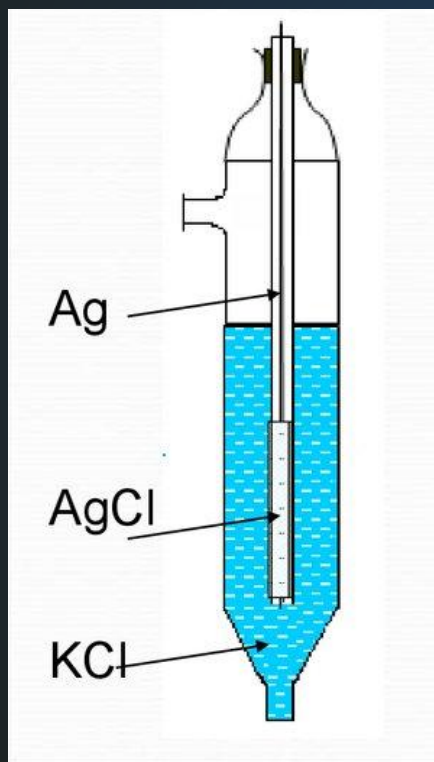
ЭДС гальванического элемента:

$$\mathcal{E} = \Delta E = E_{\text{п}} - E_{\text{л}} = E_{\text{кат}} - E_{\text{ан}} = E_{\text{ок}} - E_{\text{вс}} = E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) - E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$$

$$E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ В}$$

Другие электроды сравнения

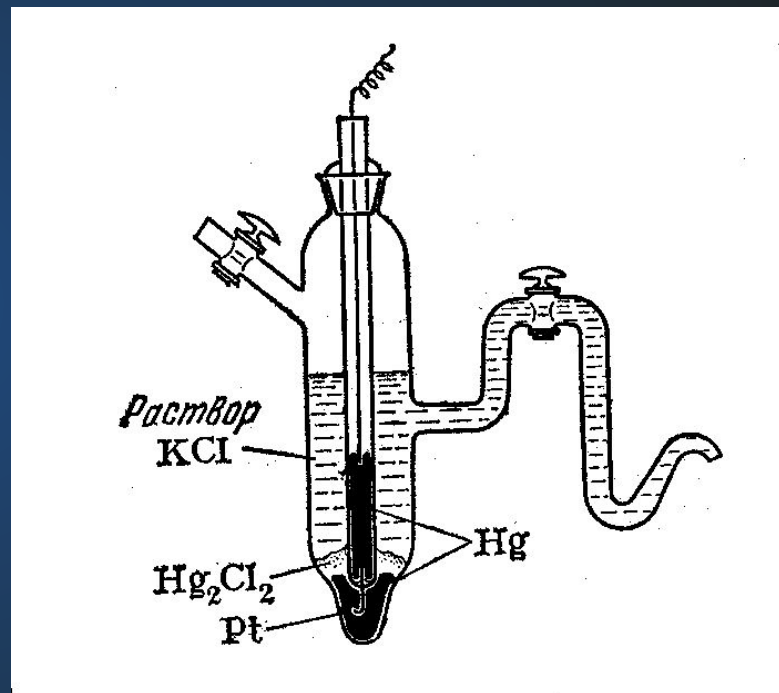
Хлоридсеребряный электрод



$$E^\circ (\text{AgCl}/\text{Ag}) = 0.222 \text{ В}$$



Каломельный электрод



$$E^\circ (\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}) = 0.241 \text{ В}$$

ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Электрод	Электродная реакция	E^0 , В
Li ⁺ /Li	$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}$	-3,02
K ⁺ /K	$\text{K}^+ + e^- \rightarrow \text{K}$	-2,92
Ca ²⁺ /Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
Na ⁺ /Na	$\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$	-2,71
Mg ²⁺ /Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,36
Be ²⁺ /Be	$\text{Be}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Be}$	-1,85

Электрод	Электродная реакция	E^0 , В
Sn ²⁺ /Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}$	-0,14
Pb ²⁺ /Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
2H ⁺ /H ₂	$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	+0,00
Bi ³⁺ /Bi	$\text{Bi}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Bi}$	+0,22
Cu ²⁺ /Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
O ₂ /OH ⁻	$\text{O}_2 + 4e^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OH}^- (\text{pH } 14)$	+0,401

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au

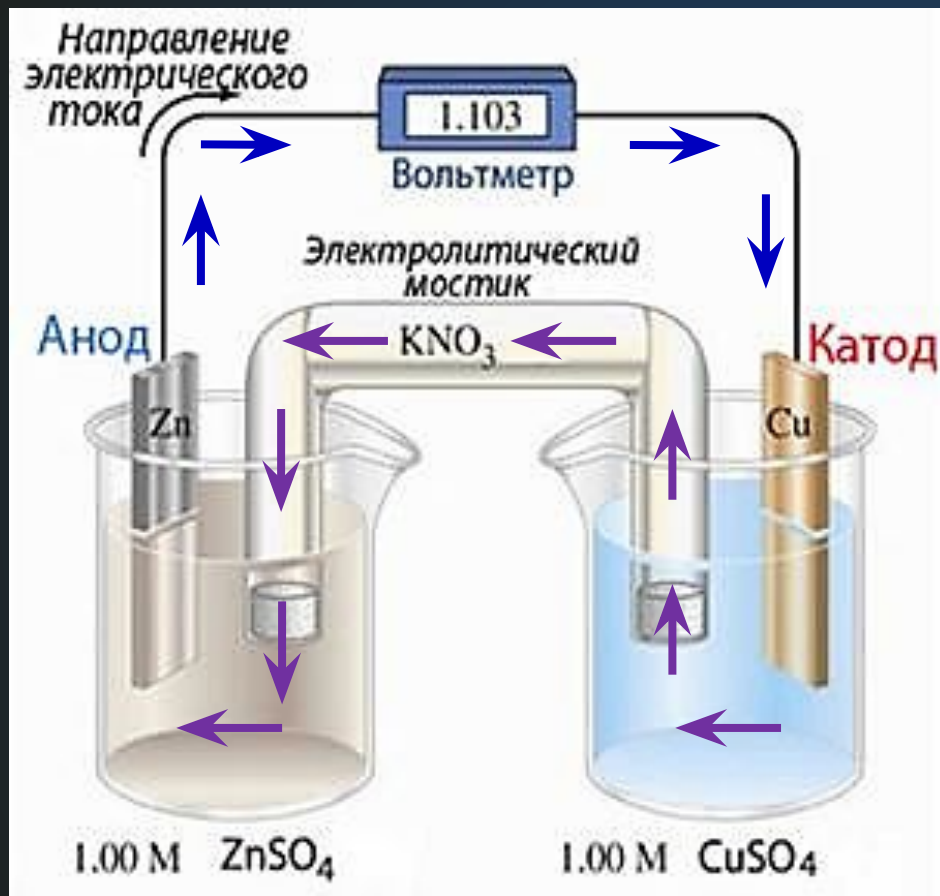
ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ

Cd ²⁺ /Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
Co ²⁺ /Co	$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Co}$	-0,28
Ni ²⁺ /Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25

O ₂ + 4H ⁺ /2H ₂ O	$\text{O}_2 + 4e^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} (\text{pH } 0)$	+1,23
Au ³⁺ /Au	$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Au}$	+1,50
F ₂ /F ⁻	$\text{F}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{F}^-$	+2,87

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ДАНИЭЛЯ – ЯКОБИ

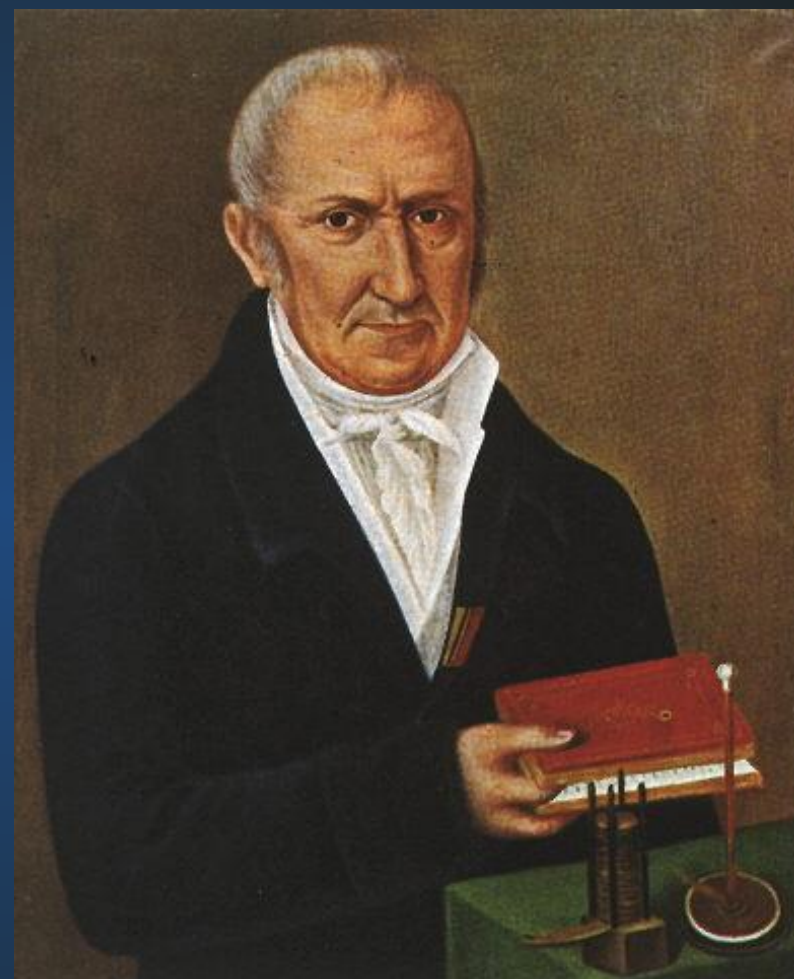


$\text{ЭДС} = E_{\text{н}} - E_{\text{л}} = E(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = 0.34 + 0.76 = 1.1 \text{ В}$

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ДАНИЭЛЯ – ЯКОБИ

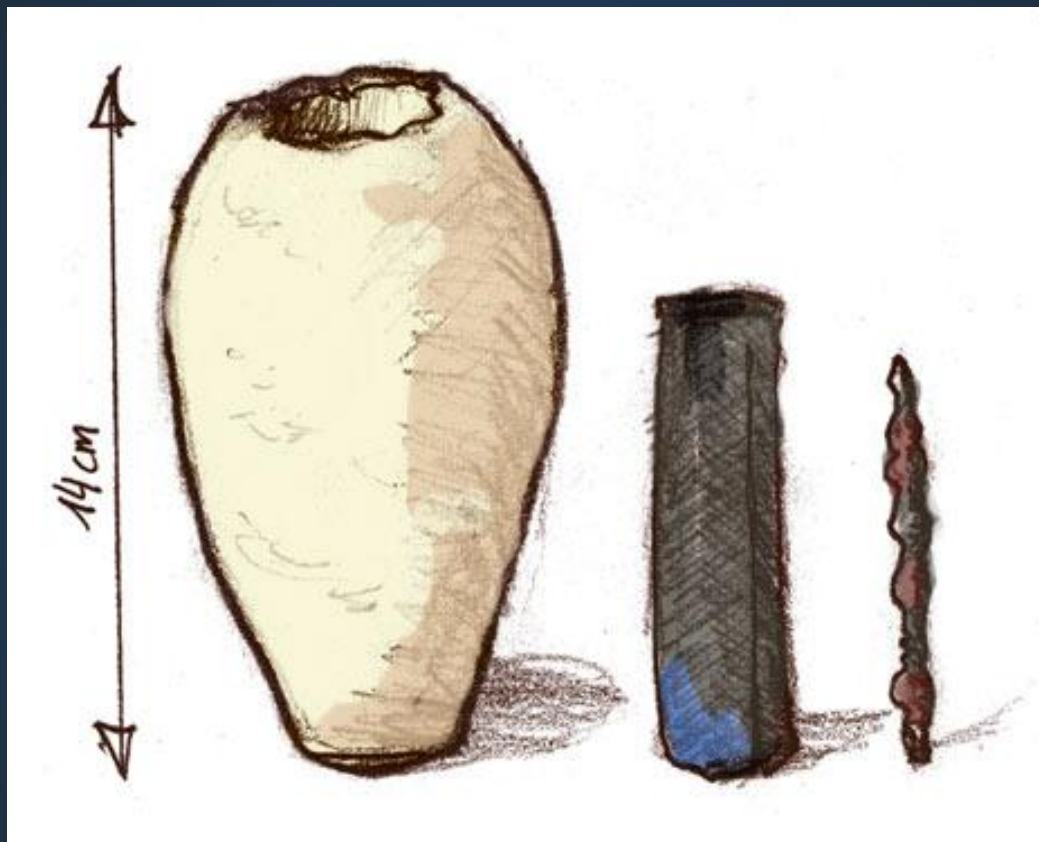


Вольтов столб
Луиджи
Гальвани
(1737 – 1798)



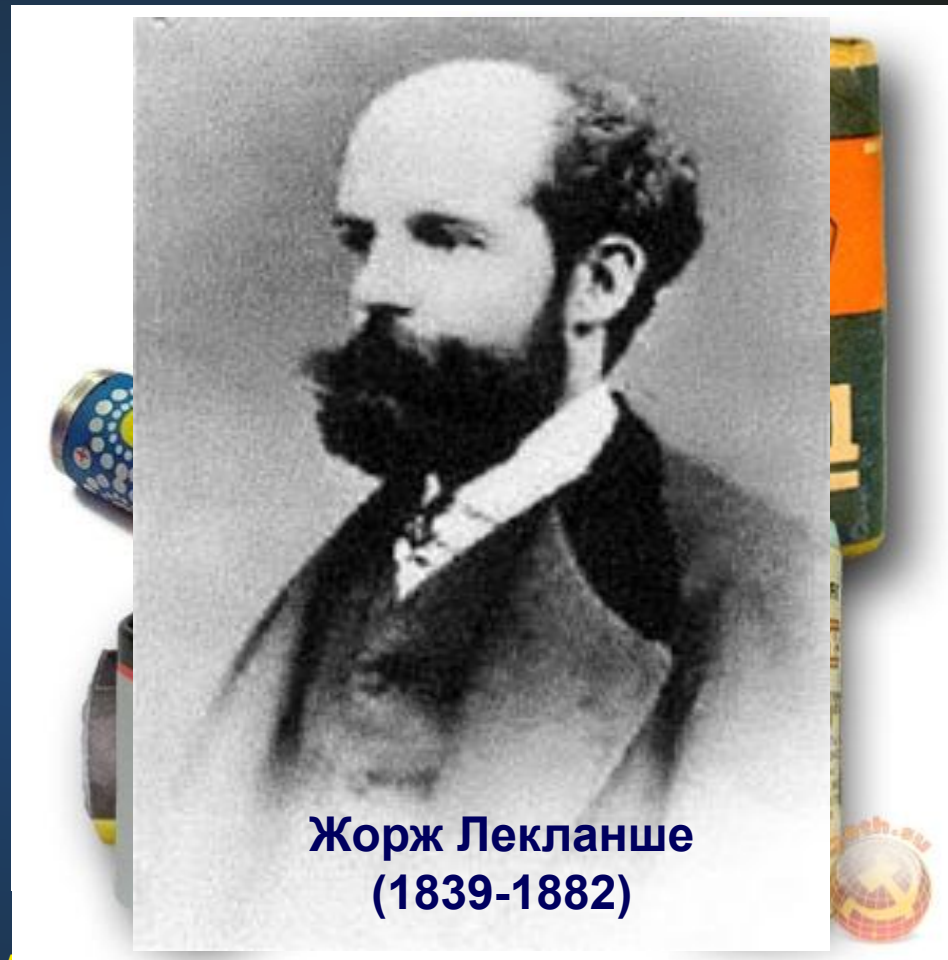
Алессандро
Вольта
(1745 – 1827)

ДРЕВНИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ?

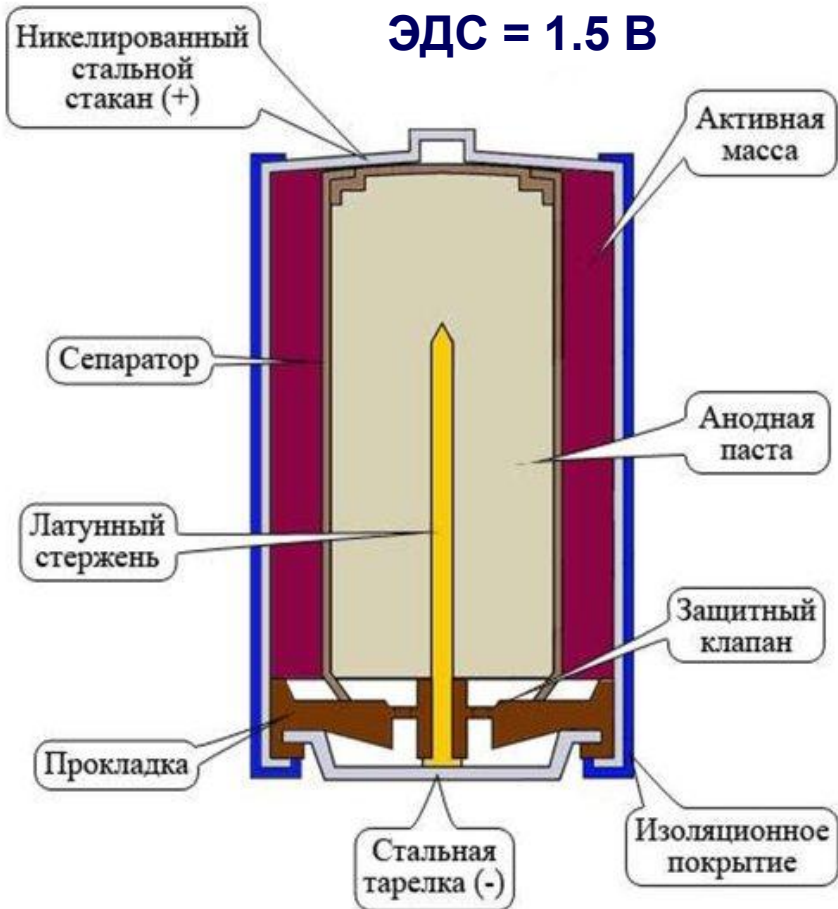


«Багдадская батарейка» (~ III в. до н.
э.)

МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (элемент Лекланше, солевой элемент)



ЩЕЛОЧНОЙ ЭЛЕМЕНТ

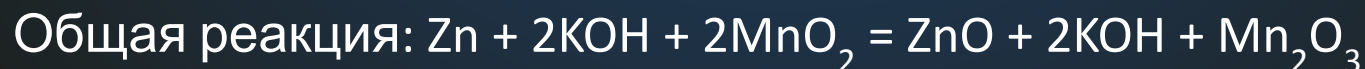


Преимущества:

- бóльшая ёмкость
- бóльший разрядный ток
- меньший саморазряд
- работа при низких температурах
- отсутствие расхода электролита
- меньше газовыделение

Недостатки:

- большая масса
- более высокая цена



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АККУМУЛЯТОРЫ

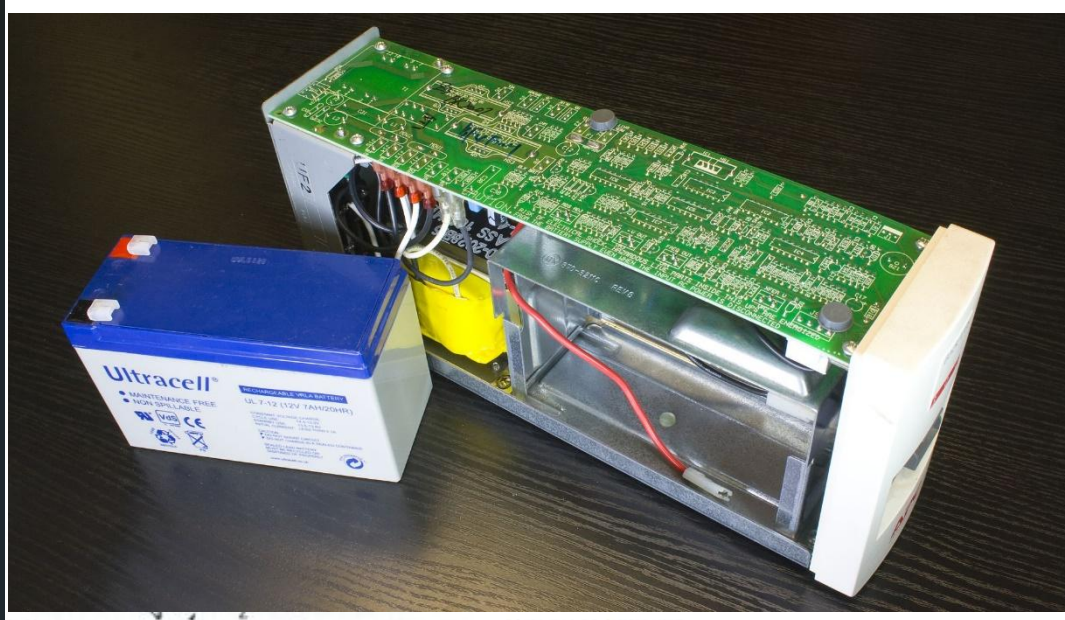
Электрический аккумулятор — химический источник тока многократного действия.

Разряжение: как гальванический элемент (источник тока)

Заряжение: как электролизёр (обратный процесс)



СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫЙ АККУМУЛЯТОР



Разряжение: $\text{Pb} \mid \text{H}_2\text{SO}_4 \mid \text{PbO}_2, \text{Pb}$

анод (-): $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} - 2e = \text{PbSO}_4$

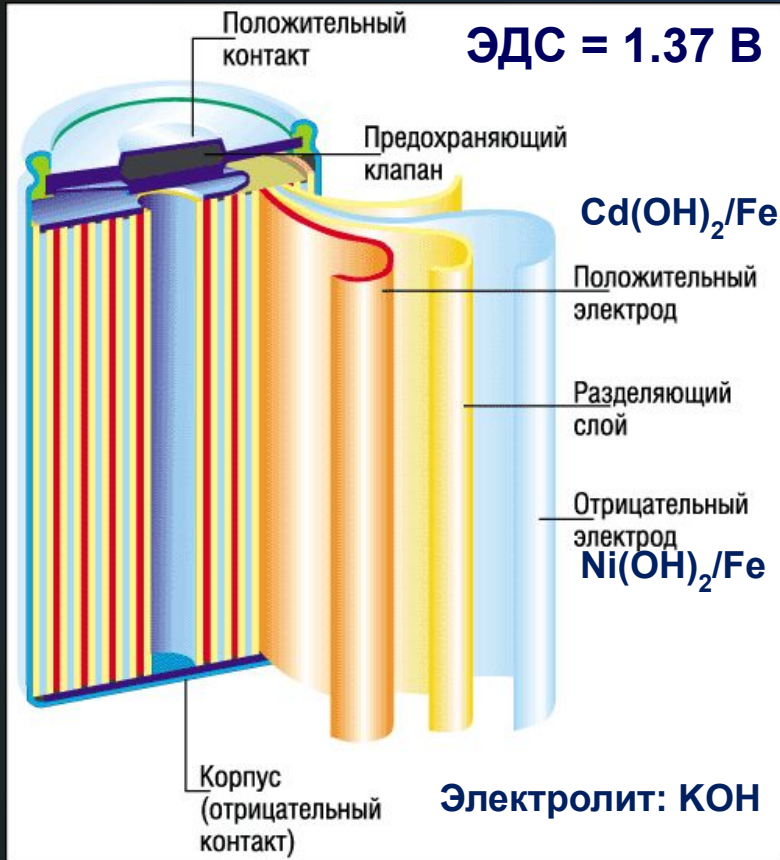
катод (+): $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2e = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Заряжение:

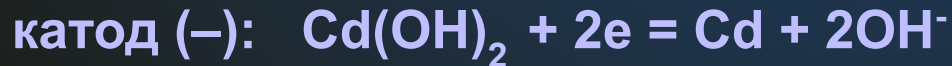
анод (+): $\text{PbSO}_4 - 2e = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$

катод (-): $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

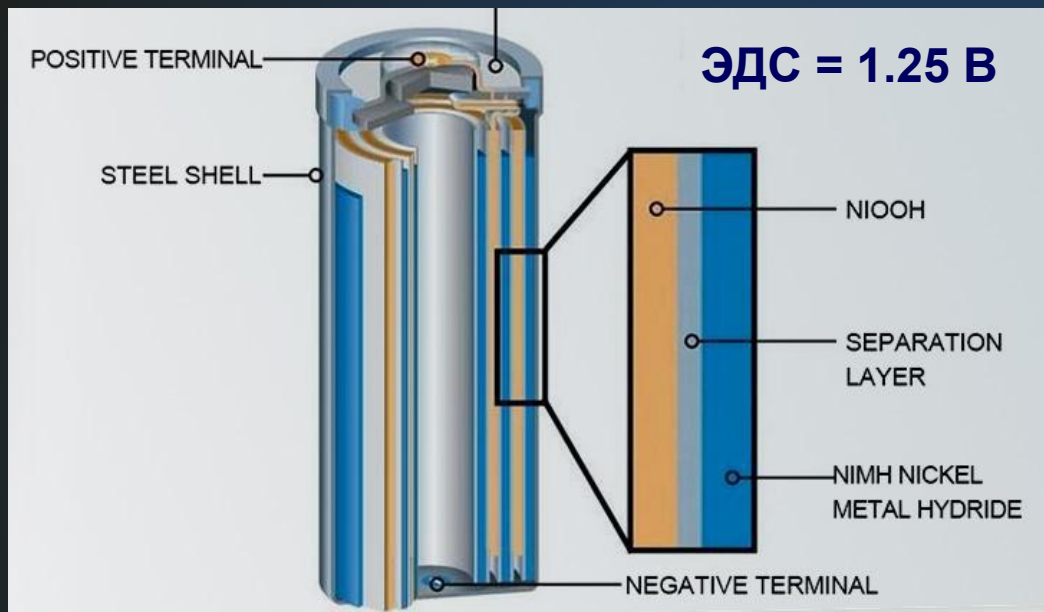
Никель-кадмиевый аккумулятор



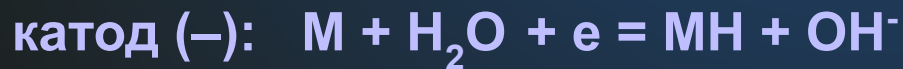
Заряжение:



Никель-металлгидридный аккумулятор



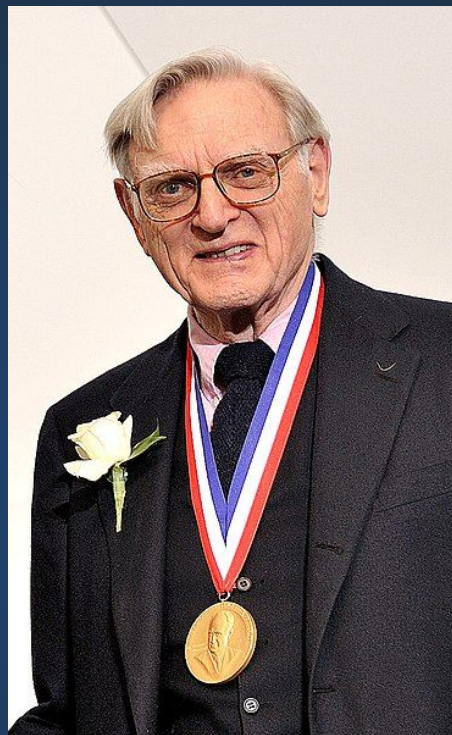
Заряжение:



ЛИТИЙ – ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ



Майкл Стэнли
Уиттингем
(1941 г.,
Великобритания)



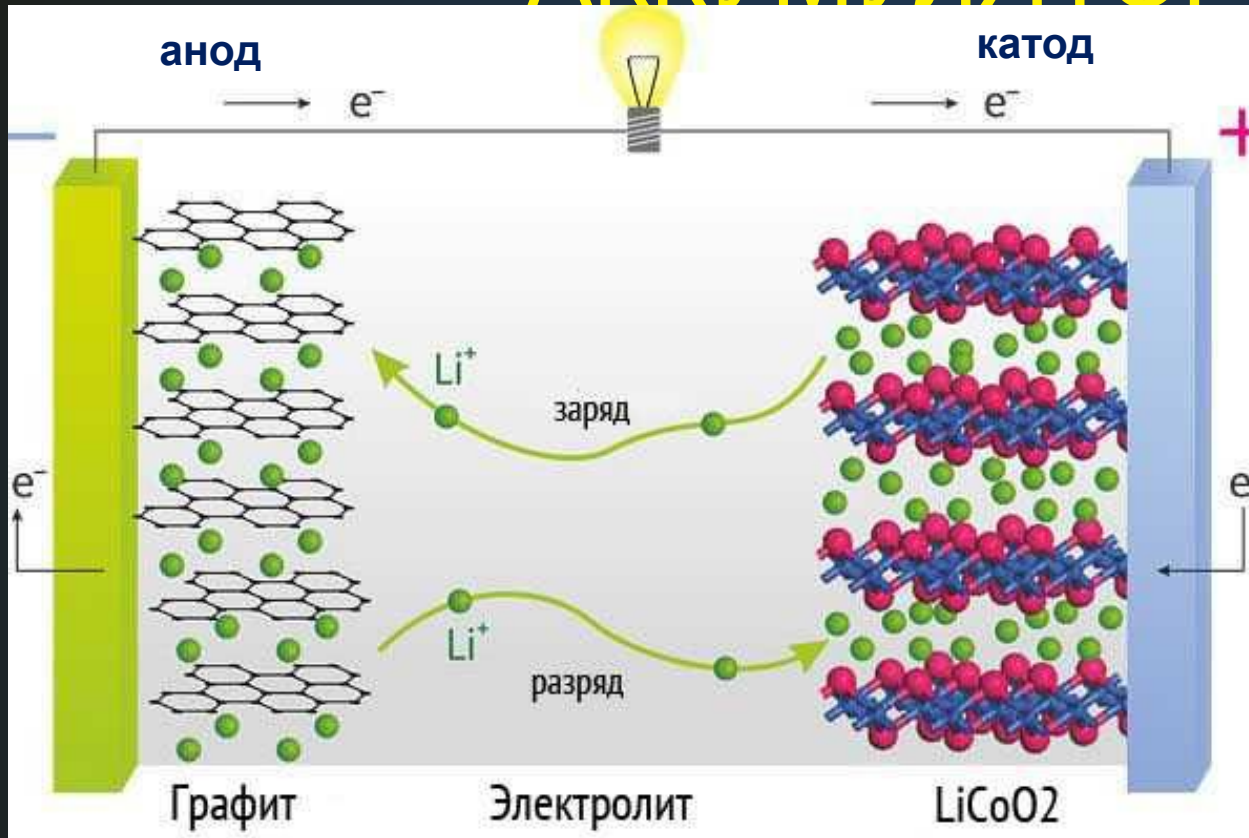
Джон
Гуденаф
(1922 г., США)



Акиро Ёсина
(1922 г., США)

Нобелевская премия по химии 2019 г. «За
совершенствование
литий-ионных аккумуляторов

ЛИТИЙ – ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ



литий-кобальтовые: $LiCoO_2 + xC_6 \rightarrow Li_{1-x}CoO_2 + xLiC_6$

2.5-4.2 В, 500 циклов заряд-разряд, 250 Вт·ч/кг

литий-ферро-фосфатные: $LiFePO_4 + xC_6 \rightarrow Li_{1-x}FePO_4 + xLiC_6$

ЛИТИЙ – ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

