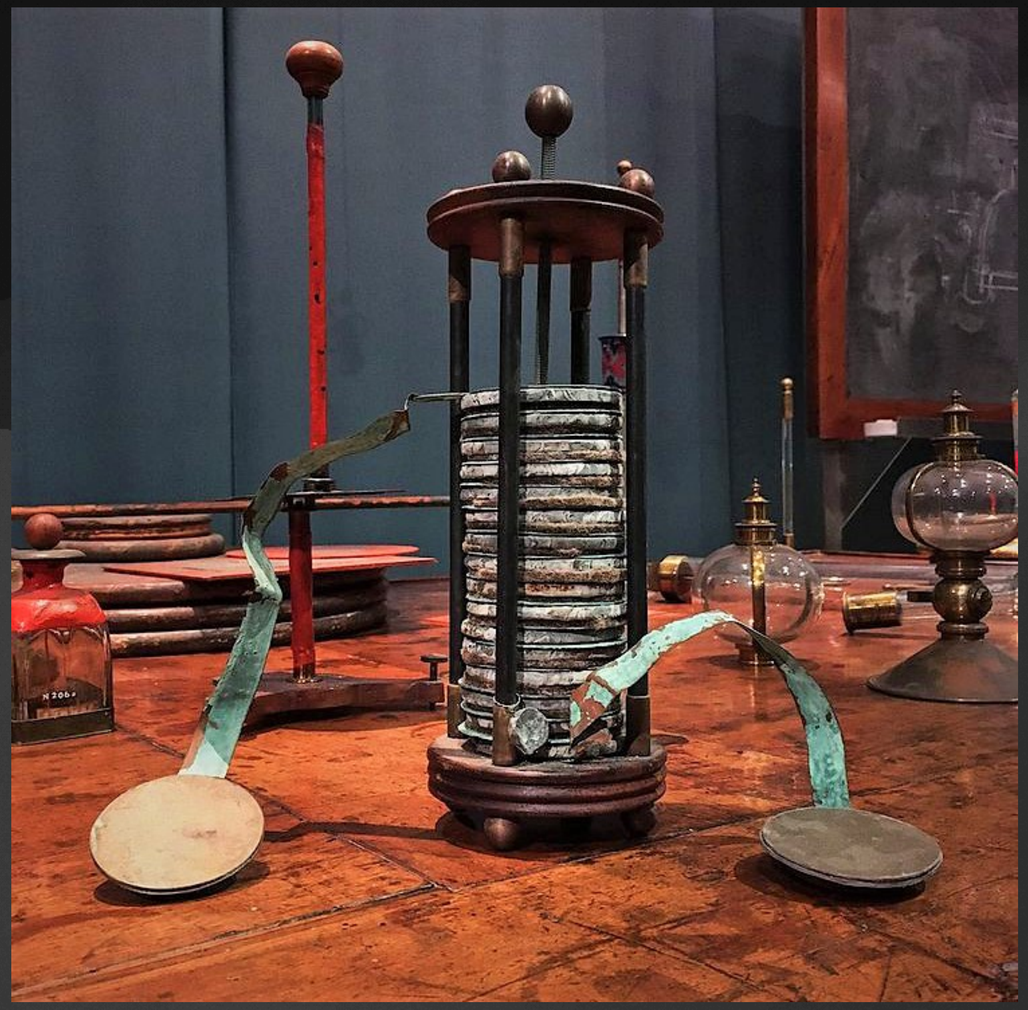
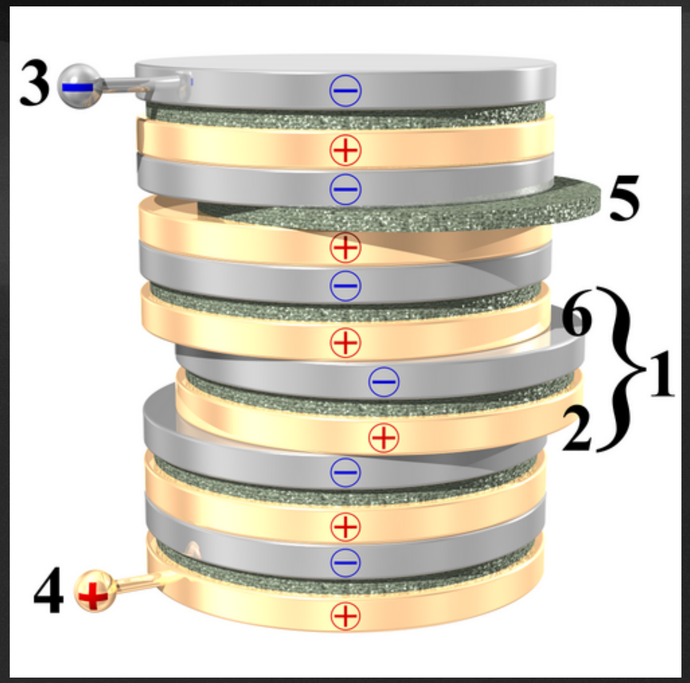
Esempi

- L’energia di un moscerino da 1 mg che vola a 7,6 Km/h (2.1 m/s) è circa 14 TeV (uguale all’energia totale nelle collisioni dell’LHC)
- Sono alto 8.87×10^{6} eV-inversi, quasi 9 (μeV)-inversi
- Ho una massa di 4.21×10^{37} eV
- La differenza di massa in questa reazione nucleare
  $^{235}\mathrm{U} + n \rightarrow {}^{141}\mathrm{Ba} + {}^{92}\mathrm{Kr} + 3n$
  è di circa 200 MeV

La pila

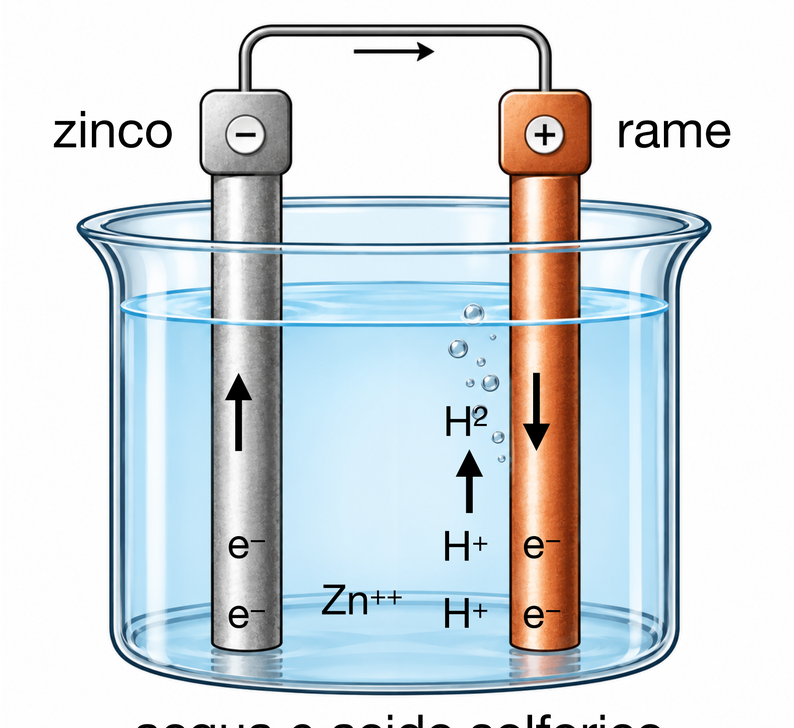
La pila (1799-1800)





La pila di Volta

Pila con rame, zinco e acqua acidulata:
al catodo: $\mathrm{Zn} \rightarrow \mathrm{Zn}^{2+} + 2\mathrm{e}^{-} \quad (\Delta V \simeq -0.76\ \mathrm{V})$
all'anodo: $2\mathrm{H}^{+} + 2\mathrm{e}^{-} \rightarrow \mathrm{H}_2 \quad (\Delta V = 0\ \mathrm{V})$

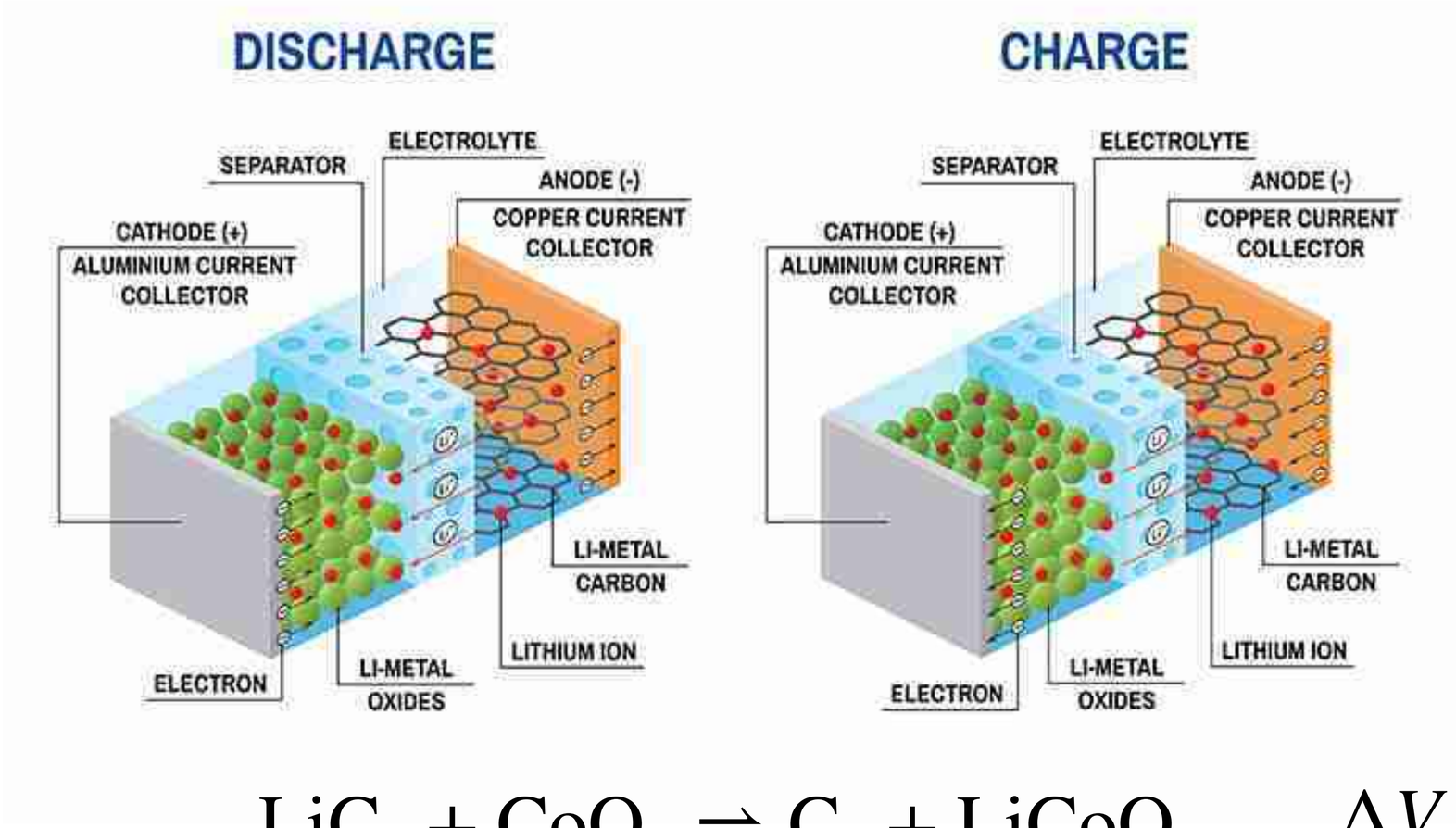


reazione completa

$$\mathrm{Zn(s)} + 2\mathrm{H}^{+}\mathrm{(aq)} \rightarrow \mathrm{Zn}^{2+}\mathrm{(aq)} + \mathrm{H_2(g)}$$

$$\Delta V \simeq -0.76\ \mathrm{V}$$

Le pile del giorno d'oggi



$$\mathrm{LiC_6 + CoO_2 \rightleftharpoons C_6 + LiCoO_2} \qquad \Delta V \simeq 4\ \mathrm{V}$$

grafite litiata + ossido di cobalto ⇌ grafite + ossido di litio-cobalto

Table 3
The characteristics of lithium-ion batteries used in consumer electronics [85,86].

Characteristics	Unit	Value
Energy density	Wh/kg	170–250
Battery voltage	V	3.7
Self-discharge	%	<10
Fast charging time	min	<60
Operating temperature	°C	−20–60
Cycle life	–	500–2000
Toxicity	–	Low
Overcharge tolerance	–	Low

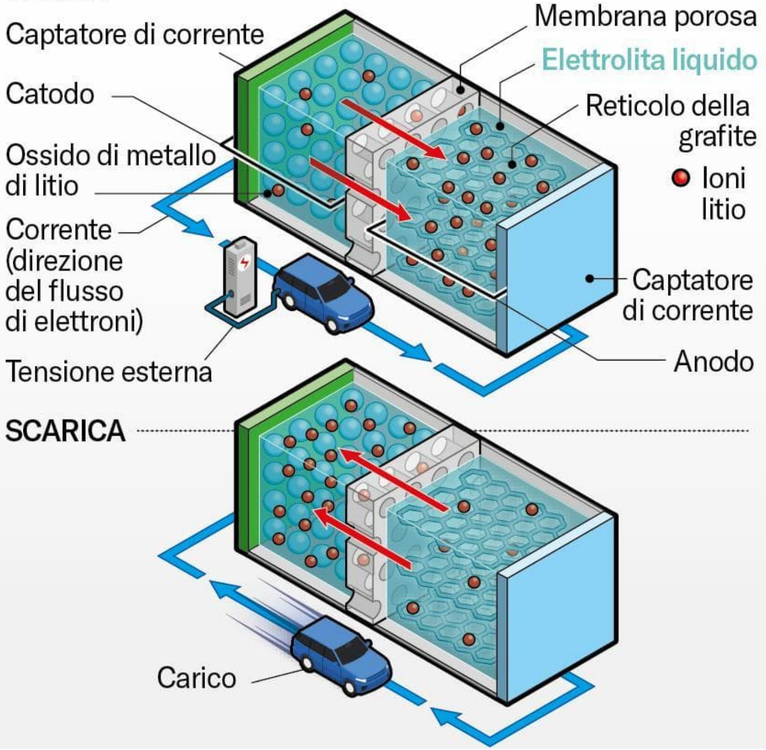
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X25012241?via%3Dihub

Batteria al litio allo stato solido

Le Scienze, ottobre 2026

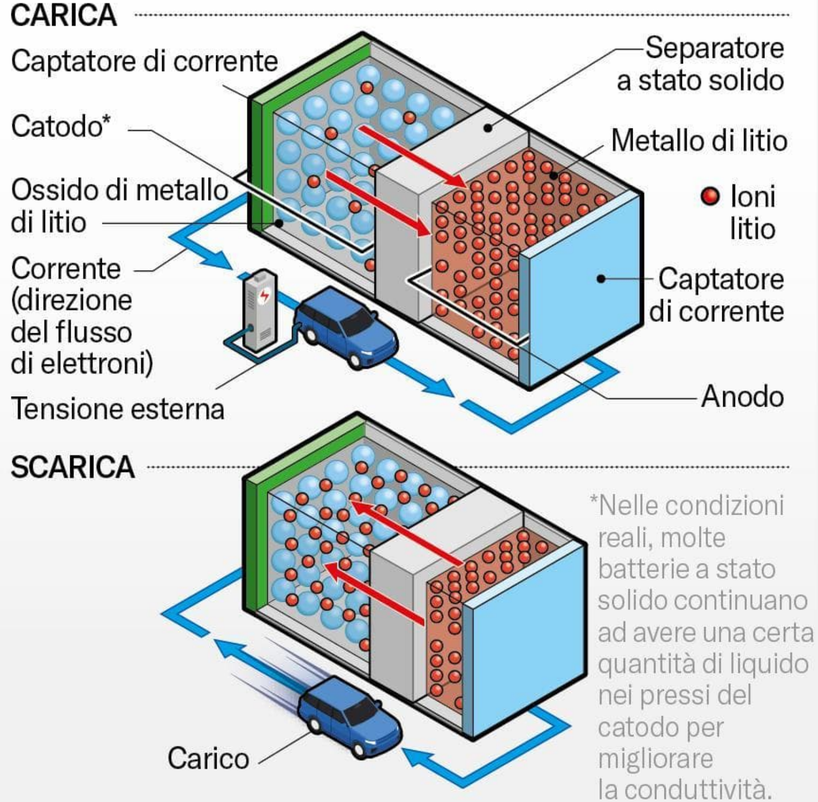
Energia dimostrata: la batteria agli ioni litio

La ricarica attira gli ioni litio dal catodo verso un grosso anodo in grafite, attraverso un elettrolita liquido; quando la batteria si scarica gli ioni tornano indietro per rilasciare energia. Il liquido ha una buona conduttività però è infiammabile; inoltre la grafite limita la quantità di energia che si può accumulare nella cella.



Ancora in carica: la batteria a stato solido

Sostituire il liquido con un separatore solido favorisce la resistenza ai cortocircuiti che causano incendi. Con questa barriera più resistente, si può anche abbandonare l'anodo di grafite.



*Nelle condizioni reali, molte batterie a stato solido continuano ad avere una certa quantità di liquido nei pressi del catodo per migliorare la conduttività.

Grafica di Ben Gilliland

Feature	Lithium-Ion Battery	Solid-State Battery
Energy density	~150–250 Wh/kg	~300–500 Wh/kg (higher theoretical potential)
Cycle life	500–2000 cycles	1000–5000 cycles (depends on material choice)
Safety	Lower (flammable liquid electrolyte)	Higher (non-flammable solid electrolyte)
Charging	Moderate charging rates (limited by liquid electrolyte diffusion)	Faster charging due to higher ion conductivity in solid electrolytes
Thermal stability	Moderate (risk of thermal runaway)	High (resistant to overheating)
Cost	Lower (mature production and supply chain)	higher (due to materials and processing)

https://www.mdpi.com/2313-0105/11/3/90

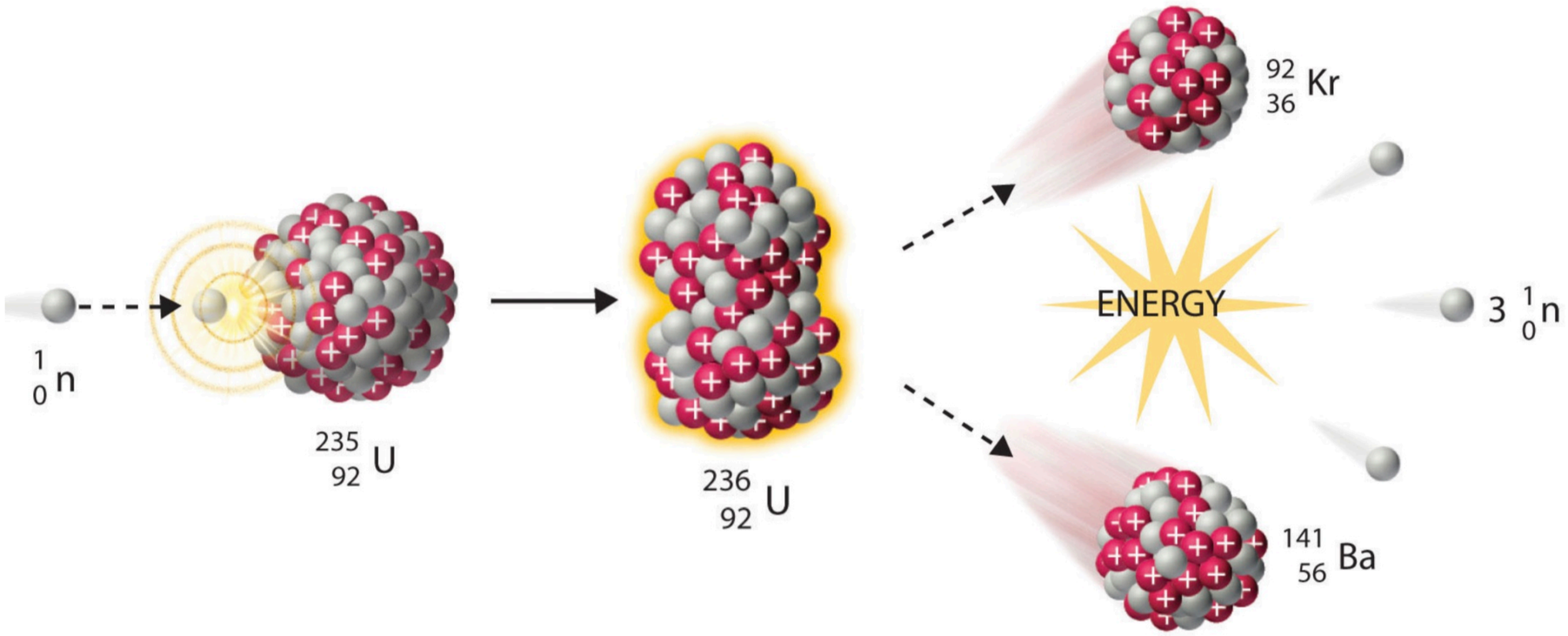
Un altro tipo di pila



La Chicago Pile 1: il primo reattore nucleare inizia a funzionare il 2 dicembre 1942



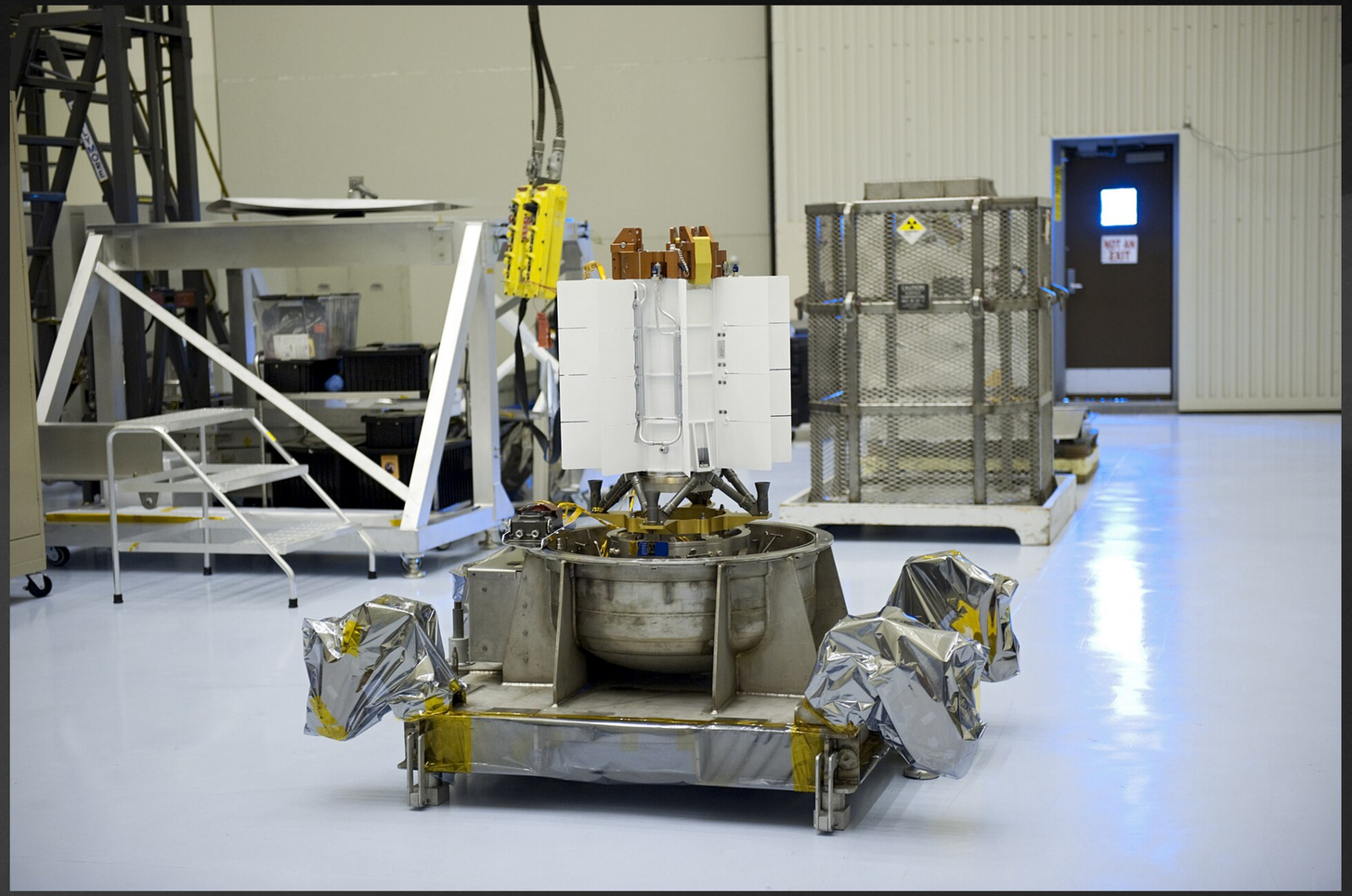
La fissione nucleare



Energia liberata: 211 MeV

Qualcosa di più simile a una batteria

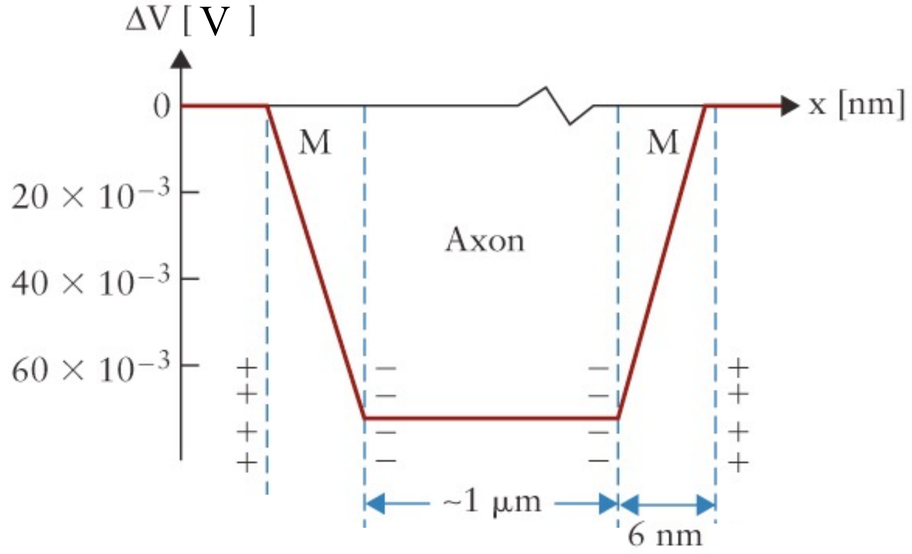
Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator (MMRTG)



	Li-ion (auto elettrica)	MMRTG NASA
Principio	Elettrochimico	Nucleare + termoelettrico
Massa	~400 kg	45 kg
Potenza specifica	~400 W/kg	2,4 W/kg
Durata	~1 ora a piena potenza	≥14 anni
Densità energetica	0,15 kWh/kg	220 kWh/kg

E la biologia?

Potenziale elettrico in una cellula nervosa

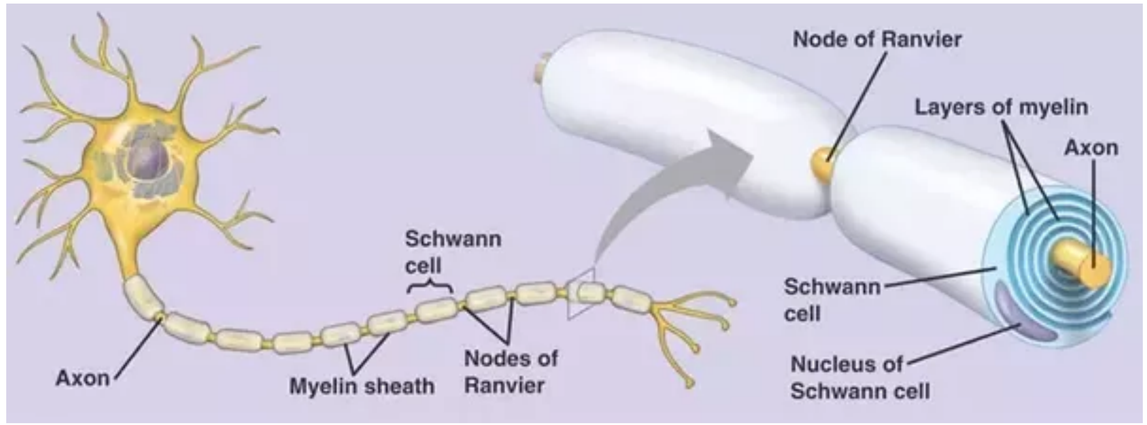


Campo elettrico attraverso la membrana

$$E_x = 1.2 \times 10^7 \text{ V/m}$$

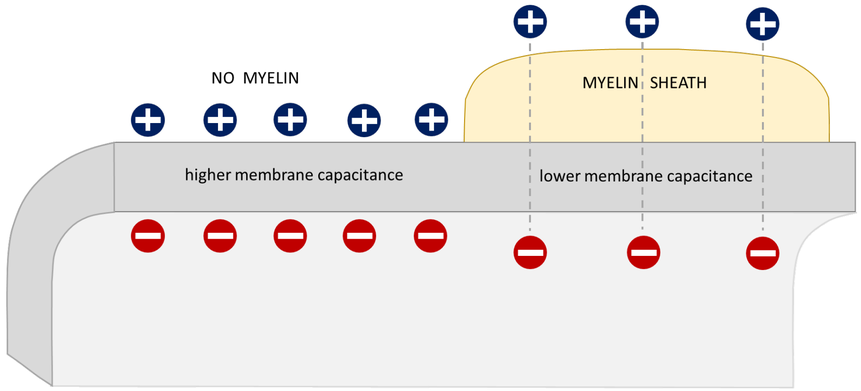
A causa della differenza di potenziale mantenuto dalla membrana, ioni positivi sono attratti all'interno dell'assone, e ioni negative sono spinti all'esterno.
Il transito di ioni è possibile attraverso canali proteici (gated channels), a cui è associabile una resistenza.

Ruolo della mielina



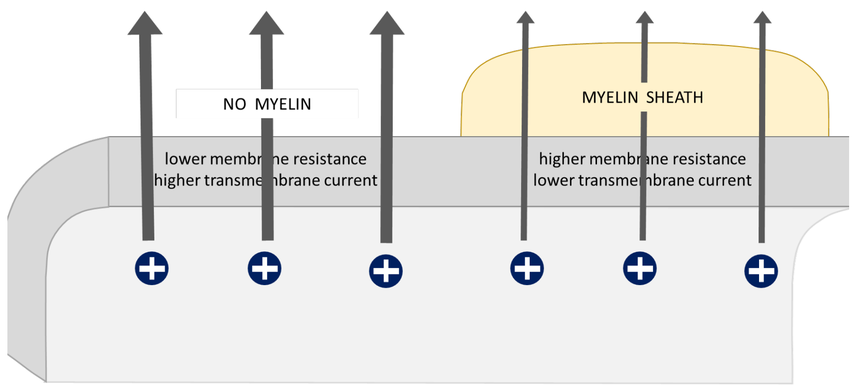
La mielina cambia lo spessore della membrana e modifica la sua capacità e resistenza

$$\Delta x' = 200\,\Delta x$$



$$C'_m = C_m/200$$

$$\tau' = \tau$$

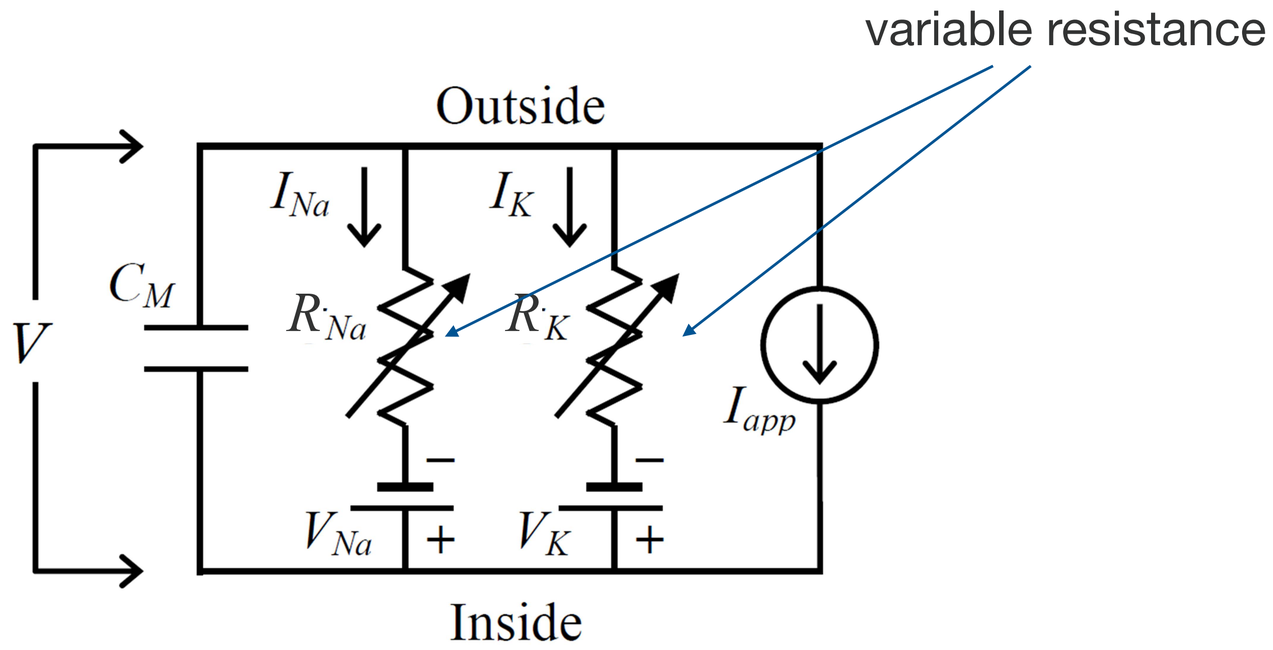


$$r'_m = 200\,r_m$$

$$\lambda' = \sqrt{200}\,\lambda \approx 15\,\lambda$$

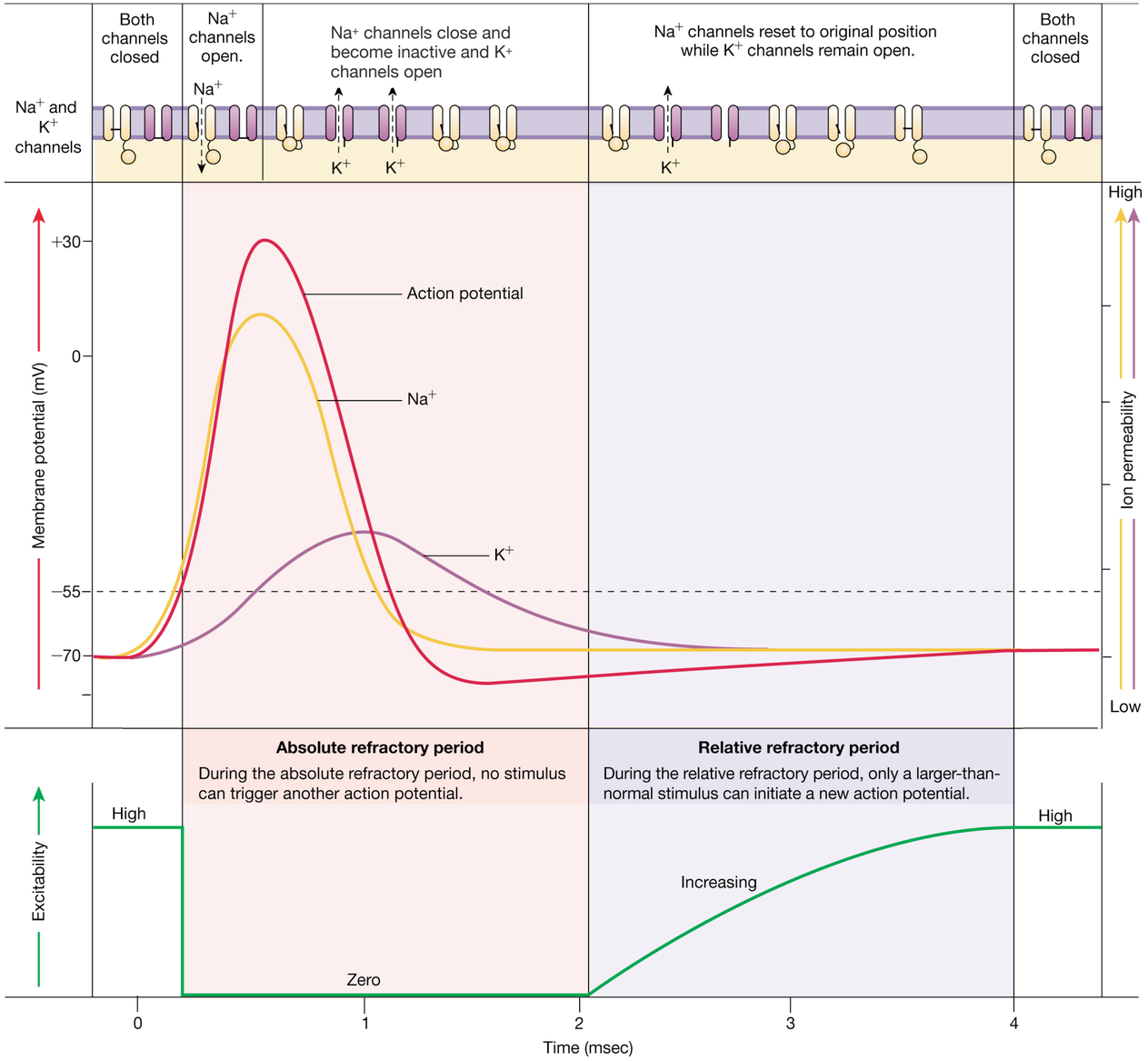
La costante temporale è invariata, mentre la costante spaziali aumenta: la velocità di propagazione del segnale aumenta

Potenziale d’azione e modello di Hodgkin-Huxley



Il circuito equivalente viene modificato per tenere conto del fatto che la resistenza di membrana al Na e al K può variare in funzione del potenziale e in modo indipendente l'una dall'altra. Ciò è dovuto all'apertura e alla chiusura di canali voltaggio-dipendenti.

Modifica della resistenza di membrana



Cambiamenti della permeabilità ionica dovuti a canali ionici ad apertura controllata (gated channels)

La permeabilità ionica è proporzionale alla conduttanza ionica (l'inverso della resistenza).