



Stato solido vs ioni-sodio: quale chimica si affermerà nel 2026?

NEL CONFRONTO TRA STATO SOLIDO E IONI DI SODIO, LA VERA PARTITA DEL 2026 NON È SOLO TECNOLOGICA, MA INDUSTRIALE: DA UN LATO UNA CHIMICA AD ALTE PRESTAZIONI ANCORA IN FASE DI VALIDAZIONE, DALL'ALTRO UNA SOLUZIONE PIÙ ECONOMICA E PRONTA PER IL MERCATO DI MASSA. DUE APPROCCI DIVERSI CHE RACCONTANO LE PRIORITÀ REALI DELLA TRANSIZIONE ELETTRICA

DI FEDERICA MUSTO

È arrivato lo stato solido. O almeno così promettono dal CES di Las Vegas. Come ogni gennaio, anche quest'anno durante una delle fiere più tecnologiche del mondo è stata rilanciata l'idea che la batteria "definitiva" sia dietro l'angolo: più autonomia, più sicurezza, ricariche più rapide, meno compromessi. Una promessa che torna ciclicamente, e che continua a esercitare un fascino enorme perché va a colpire il vero cuore del veicolo elettrico: l'accumulo di energia. Ma perché lo stato solido è così atteso? E soprattutto: di cosa si parla davvero, al di là dei titoli? È importante comprendere meglio fin da subito lo stato solido, e per farlo bisogna partire da

come funziona una batteria agli ioni di litio tradizionale. Oggi, la stragrande maggioranza delle batterie EV utilizza un elettrolita liquido, cioè una sostanza che permette agli ioni di litio di muoversi tra anodo e catodo durante carica e scarica. È efficace, ma porta con sé una serie di limiti strutturali: è infiammabile, sensibile alle temperature, e impone compromessi su densità energetica e sicurezza. Ecco: lo stato solido promette di cambiare proprio questo elemento. Al posto dell'elettrolita liquido, utilizza un elettrolita solido, che può essere ceramico, polimerico o una combinazione dei due. Il principio di funzionamento resta lo stesso - gli ioni si muovono, l'energia si accumula e si rilascia -, ma cambia radicalmente il "mezzo" attraverso

cui questo avviene. Questo porta con sé diverse promesse che, sulla carta, sono molto promettenti. La prima è la densità energetica. Un elettrolita solido consente, almeno teoricamente, di utilizzare anodi in litio metallico al posto della grafite. Questo significa più energia a parità di volume e peso, quindi più autonomia o batterie più piccole e leggere. La seconda è la sicurezza. Senza un elettrolita liquido infiammabile, il rischio di thermal runaway si riduce drasticamente: non scompare, ma la batteria diventa intrinsecamente più stabile e quindi ancora meno soggetta a incendi in caso di urti o difetti. La terza è la stabilità chimica. Le batterie allo stato solido promettono una minore degradazione nel tempo, una migliore resistenza alle alte temperature e una gestione termica potenzialmente più semplice. Messa così sembra la soluzione perfetta. Ed è per questo lo stato solido è atteso dai più come un "santo graal". Ma tra teoria e industrializzazione c'è un abisso. Infatti esistono dei limiti per i quali questa tecnologia tanto attesa non è ancora, a oggi, realmente sul mercato. La criticità principale dello stato solido è l'interfaccia: mettere in contatto due materiali solidi (elettrolita ed elettrodi) garantendo un passaggio efficiente e stabile degli ioni nel tempo è estremamente complesso. Le micro-imperfezioni, le dilatazioni termiche e le sollecitazioni meccaniche generano resistenze, degrado e perdita di prestazioni. C'è poi il tema della

produzione industriale. I processi attuali per realizzare elettroliti solidi sono costosi, lenti e difficili da scalare. Funzionano in laboratorio, su celle piccole, ma replicarli su milioni di batterie identiche è tutt'altra storia. Infine, i costi. Oggi una batteria allo stato solido non è competitiva rispetto alle migliori celle agli ioni di litio, soprattutto le LFP evolute che stanno sempre più rivelandosi le regine del mercato. Per cui, finché il vantaggio prestazionale non è netto e dimostrabile su larga scala, l'industria automotive - giustamente - resta prudente. Quindi a che punto siamo? Esistono prototipi avanzati, celle semi-solidi, applicazioni di nicchia e prime validazioni su veicoli sperimentali. Ma non esiste, oggi, una batteria allo stato solido pronta a sostituire in massa quelle al litio tradizionali. Almeno, alla data in cui questo articolo viene scritto, ovvero inizio febbraio 2026.


Donuts Lab: la moto elettrica con batteria allo stato solido, forse

Per tutti questi motivi la notizia lanciata da Donut Lab al CES di Las Vegas ha avuto l'effetto di un fulmine a ciel sereno. L'azienda ha presentato una nuova architettura di batteria allo stato solido associata, almeno nella sua prima applicazione visibile, alla moto elettrica di Verge. I numeri comunicati sono di quelli che attirano immediatamente l'attenzione: densità energetica elevata (parrebbe 400 Wh/kg), ricarica ultra-rapida in soli 5 minuti, costo dichiarato competitivo e soprattutto una durata progettuale che arriva a 100mila cicli di carica. Se presi singolarmente, questi parametri rappresentano obiettivi coerenti con la direzione verso cui si sta muovendo la ricerca sulle solid-state; è la loro combinazione simultanea, e la tempistica con cui vengono annunciati, a rendere la notizia così rilevante. L'idea implicita è quella di una batteria che supera i limiti storici delle celle al litio convenzionali, offrendo al tempo stesso sicurezza, longevità e prestazioni, aprendo scenari che vanno ben oltre il mondo delle due ruote e toccano veicoli elettrici, accumulo stazionario e dispositivi ad alta potenza. Proprio per questo l'annuncio merita di essere analizzato con attenzione, non per smentirlo, ma per capire oggi cosa è chiaro e cosa, invece, resta ancora difficile da interpretare dal punto di vista fisico e industriale. La prima area di incertezza riguarda la mancanza di dettagli tecnici verificabili: non sono state mostrate celle sezionate, curve elettrochimiche complete o dati indipendenti che permettano di capire come si arrivi a quelle prestazioni. Non è stata nemmeno svelata la chimica impiegata. In particolare, il valore dei 100.000 cicli solleva parecchi interrogativi perché le attuali batterie allo stato solido, pur promettenti, come abbiamo visto devono ancora affrontare problemi legati a stress meccanici interni, interfacce instabili e degradazione che, nella pratica, limitano la vita utile a ordini di grandezza più bassi di quelli di una batteria litio-ioni "tradizionale", che raggiunge nelle ricette più longeve circa 4mila cicli. Un secondo punto riguarda il bilanciamento tra densità energetica e durata: storicamente, batterie ad alta densità sacrificano i cicli, mentre sistemi capaci di sopportare decine di migliaia di cicli (come i supercondensatori) lo fanno rinunciando quasi del tutto alla capacità di accumulo. L'annuncio di Donut Lab sembra collocarsi esattamente nel punto di convergenza tra questi due mondi, ma senza spiegare quale meccanismo fisico consenta di superare il limite. Anche il tema dell'integrazione sulla moto solleva domande legittime: i volumi mostrati rispetto ai circa 30 kWh dichiarati e alle potenze di ricarica ipotizzate impongono una gestione

termica estremamente sofisticata, che normalmente richiede spazio e architetture complesse. Allo stesso modo, alcuni comportamenti elettrici mostrati nelle curve di carica - tensioni molto stabili e valori vicini a quelli delle celle litio-ione tradizionali - non sono immediatamente riconducibili a una chimica completamente nuova, soprattutto se si dichiara che la batteria non è basata su litio. Attenzione: nessuno di questi elementi, preso singolarmente, invalida di per sé l'annuncio; insieme, però, delinea un quadro in cui l'informazione disponibile non è ancora sufficiente per spiegare pienamente le prestazioni dichiarate e quindi alcune affermazioni restano difficili da giustificare sul piano fisico e industriale. In questo senso, Donut Lab potrebbe trovarsi davanti a due strade entrambe interessanti: dimostrare nei prossimi mesi, con dati e test indipendenti, di aver realmente compiuto un salto tecnologico radicale, oppure ridimensionare l'annuncio verso una soluzione semi-solidi molto avanzata, comunque rilevante, ma più allineata allo stato dell'arte nel settore. In entrambi i casi, il valore della notizia resta alto, perché evidenzia quanto il settore delle batterie sia oggi in fermento e quanto il confine tra ricerca, prototipo e prodotto industriale sia sempre più sottile.

Avviata la roadmap industriale delle batterie al sodio

Ed è qui che il CES diventa interessante non tanto per quello che promette, ma per quello che mette in secondo piano. Perché mentre lo stato solido continua a inseguire la maturità industriale, altre tecnologie stanno iniziando a bussare alla porta del mercato. Tra queste, una in particolare: le batterie agli ioni di sodio, che potrebbero arrivare molto prima di quanto immaginiamo. Dal punto di vista del principio di funzionamento, il meccanismo di una batteria al sodio è lo stesso delle batterie agli ioni di litio: durante la carica e la scarica, gli ioni si muovono tra anodo e catodo attraverso un elettrolita, accumulando e rilasciando energia. A cambiare è l'elemento chimico coinvolto. Al posto del litio si utilizza il sodio, un elemento molto più

abbondante, economico e facilmente reperibile, perché presente in grandi quantità in natura e non concentrato in poche aree geografiche. Il sodio è però anche una molecola più grande e più pesante del litio, e questo si traduce in una densità energetica inferiore: a parità di peso e volume, una batteria al sodio immagazzina meno energia rispetto a una cella agli ioni di litio di ultima generazione. Guardando ai vantaggi invece, le batterie al sodio sono più stabili alle basse temperature e mantengono prestazioni più costanti in condizioni climatiche critiche, dai -40°C ai +70°C; la chimica è intrinsecamente più sicura, con una minore tendenza a fenomeni di instabilità termica, e soprattutto, il costo delle materie prime è drasticamente inferiore, con un impatto diretto sul prezzo finale del pacco batteria. È proprio per questo che, mentre lo stato solido continua a essere una promessa ad alta densità tecnologica ma ancora complessa da industrializzare, il sodio sta facendo un percorso diverso: meno ambizioso sul piano delle prestazioni assolute, ma molto più rapido sul piano industriale. Al CES, il sodio non è stato sbandierato come "la batteria del futuro", ma i segnali sono arrivati chiari da chi guida il settore delle batterie. Negli ultimi mesi, diversi costruttori hanno confermato il passaggio dalla fase dimostrativa a quella produttiva. In particolare, CATL - oggi il più grande produttore mondiale di batterie - ha annunciato l'avvio della produzione su larga scala di celle al sodio, con una roadmap industriale che prevede l'impiego commerciale già nel corso del 2026. E con densità energetiche annunciate per le sue celle sodium-ion di nuova generazione equivalenti alle migliori LFP sul mercato, ovvero fino anche a 500 km in applicazioni automotive. Il messaggio è chiaro: le batterie al sodio non nascono per battere record di autonomia o per alimentare SUV da 700 km. Nascono per ridurre i costi, semplificare l'approvvigionamento delle materie prime e rendere l'elettrico più accessibile, soprattutto nei segmenti dove oggi il prezzo resta la vera barriera all'adozione: city car, flotte, mercati ad alto volume, battery swap e accumulo stazionario. Staremo a vedere. 

LA RIVOLUZIONARIA MOTOCICLETTA DI VERGE CON BATTERIA ALLO STATO SOLIDO ARRIVERÀ IN COMMERCIO A BREVE CON UN'AUTONOMIA STIMATA INTORNO AI 600 KM

