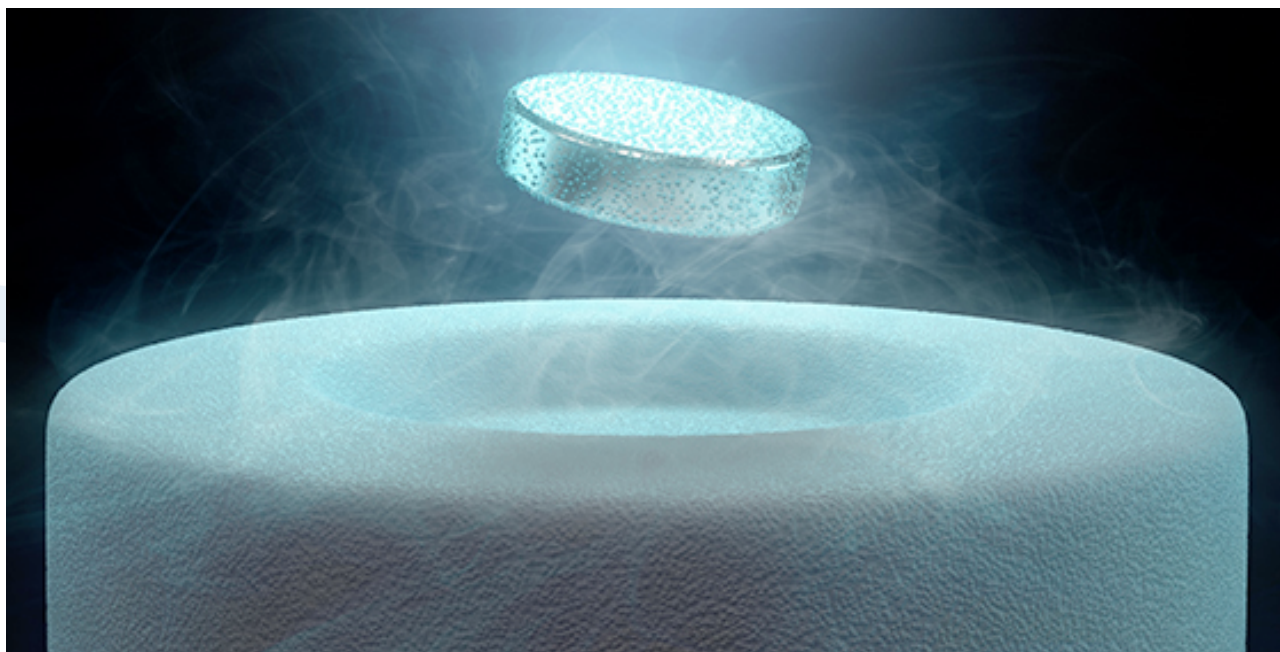




Elettroni in “slow-motion”



Ecco come vedere il “più veloce processo lento” (per capire i superconduttori)

9 marzo 2015

All'origine delle proprietà dei superconduttori ad alta temperatura c'è un fenomeno troppo veloce per poter essere osservato sperimentalmente con metodi tradizionali. Un team di scienziati provenienti da diversi istituti di ricerca (fra i quali il Politecnico di Milano, la SISSA di Trieste, l'Università Cattolica Sacro Cuore, l'Istituto Jožef Stefan di Lubiana, la University of British Columbia e molti altri) ha applicato una sofisticata tecnica sperimentale, simile a una moviola, per “rallentare” e analizzare la struttura del processo, migliorando la comprensione di questi materiali, e rendendo più vicina una loro applicazione in ambito tecnologico. La ricerca è stata pubblicata sulla rivista *Nature Physics*.

Un processo troppo fulmineo per essere misurato e analizzato, ma un gruppo di scienziati italiani e stranieri non si è fatto scoraggiare e ha ideato una sorta di “moviola”, molto sofisticata, che ha permesso di osservare, per la prima volta in maniera diretta, un effetto alla base della superconduttività ad alte temperature. Il frutto di questo lavoro è stato pubblicato lunedì 9 Marzo 2015 sulla rivista *Nature Physics*.

I superconduttori hanno proprietà che li rendono potenzialmente molto interessanti per la



tecnologia (esempi di applicazione sono, fra gli altri, i treni a levitazione magnetica). La strada verso una reale applicazione delle straordinarie proprietà dei superconduttori è stata però sbarrata dal fatto che quelli "classici" funzionano a temperature bassissime, vicine allo zero assoluto, di fatto impraticabili. I superconduttori a base di ossidi di rame, grazie alla loro più elevata temperatura di funzionamento, sono più promettenti ma la possibilità di sintetizzare superconduttori a temperatura ambiente è un traguardo ancora lontano. Il principale ostacolo è la mancata comprensione del meccanismo che permette agli ossidi di rame di diventare superconduttori.

Uno dei problemi principali è capire se le interazioni fra elettroni nel materiale sono dirette e istantanee o mediate da un'interazione "ritardata". Per rispondere alla domanda bisogna osservare questo processo "dal vivo", ma data la sua rapidità, la cosa è tutt'altro che semplice. "La soluzione che abbiamo pensato si basa sull'uso di rapidissimi lampi di luce, della durata di 10 femtosecondi, ossia dieci milionesimi di miliardesimi di secondo", spiega Claudio Giannetti, dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, che ha coordinato il lavoro di ricerca. "Per poter effettuare queste misure è stato sviluppato nei nostri laboratori un apparato sperimentale unico al mondo, in grado di produrre, utilizzare e misurare impulsi di luce di colori diversi che durano meno di 10 femtosecondi", aggiunge Giulio Cerullo, responsabile dei laboratori di spettroscopia ultraveloce del Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano.

La metodologia sviluppata richiama la "fotografia ad alta velocità" inventata da Eadweard Muybridge più di cent'anni fa. "Le famose immagini stroboscopiche, o *motion pictures*, possono dare un'idea di quello che abbiamo fatto", spiega Massimo Capone, ricercatore della SISSA di Trieste, e uno degli autori della ricerca. "Muybridge, un po' come noi, fotografava soggetti in rapido movimento, scomponendo questo in tanti fotogrammi, per poi sovrapporli creando quelle bellissime immagini (diventate un'icona) che offrono una ricostruzione della traiettoria. Noi abbiamo fatto una cosa molto simile, in una dimensione di tempo (e di spazio) piccolissima, usando dei lampi di luce infinitamente brevi come otturatori, per osservare variazioni ultrarapide delle proprietà di un superconduttore".

Gli scienziati hanno applicato questa tecnica a diverse famiglie di ossidi di rame superconduttori ad alta temperatura, riuscendo così a misurare quello che loro stessi definiscono come "il più veloce processo lento" in un solido e le loro osservazioni supportano l'ipotesi che le interazioni fra elettroni in questi superconduttori siano mediate dagli spin degli elettroni.

Più in dettaglio...

"In generale le interazioni tra gli elettroni in un solido possono essere divise in interazioni dirette, che sono virtualmente istantanee, e interazioni 'ritardate', che si hanno quando gli elettroni interagiscono con altre particelle (bosoni che possono derivare dalle eccitazioni del reticolo di ioni o dalle eccitazioni magnetiche)", spiega Capone. "Questi ultimi processi sono ritenuti fondamentali per dare luogo alla superconduttività, perché costituiscono la 'colla' che tiene insieme gli elettroni nelle cosiddette 'coppie di Cooper', alla base del fenomeno superconduttivo



stesso”.

“Fino a oggi esperimenti analoghi, ma con risoluzione temporale inferiore, hanno avuto accesso solo ai processi ‘lenti’ connessi alle interazioni degli elettroni con le vibrazioni del reticolo cristallino formato dagli ioni (fononi)”, spiega Cerullo. “In questo lavoro, per la prima volta abbiamo misurato l’accoppiamento degli elettroni con un’altra famiglia di eccitazioni connesse allo spin degli elettroni e al magnetismo”.

“Questo accoppiamento”, conclude Giannetti, “è rimasto finora inaccessibile alle analisi sperimentali proprio perché avviene su una scala di tempi di appena 10 femtosecondi. La nostra tecnica e il suo originale utilizzo ha aperto una nuova finestra sui processi ultraveloci nei superconduttori ad alta temperatura”.

LINK UTILI:

- Paper originale su Nature Physics (DOI: [10.1038/nphys3265](https://doi.org/10.1038/nphys3265))

IMMAGINI:

- Crediti: Argonne National Laboratories (Flickr: <http://goo.gl/3WyWPT>)

Contatti:

- Ufficio stampa - SISSA:

pressoffice@sissa.it

Tel: (+39) 040 3787644 | (+39) 366 3677586

via Bonomea, 265

34136 Trieste

www.sissa.it

- Comunicazione, relazioni pubbliche e attività promozionali -
Università Cattolica del Sacro Cuore:

Antonella Olivari

antonella.olivari@unicatt.it

Tel: (+39) 030 2406275 | (+39) 335 5665447

Via Trieste, 17

25121 Brescia

www.unicatt.it

- Ufficio Relazioni con i Media - Politecnico di Milano:



relazionimedia@polimi.it

Tel: (+39) 02 2399 2229 | (+39) 366 6211436

Piazza Leonardo da Vinci, 32

20133 Milano

<http://www.polimi.it/>

