



POLITECNICO
MILANO 1863



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Scoperta una possibile causa del comportamento “strano” dei cuprati: un passo in avanti verso applicazioni dei superconduttori più sostenibili

Publicato su *Nature Communications* lo studio del Politecnico di Milano, della Chalmers University of Technology e della Sapienza Università di Roma

Milano, 11 dicembre 2023 – Compiuto un significativo passo in avanti nella ricerca sulla superconduttività, la scoperta potrebbe aprire la strada a tecnologie sostenibili e contribuire a un futuro più rispettoso dell’ambiente.

Lo studio appena pubblicato su [Nature Communications](#) da ricercatori del Politecnico di Milano, della Chalmers University of Technology di Göteborg e della Sapienza Università di Roma chiarisce uno dei tanti misteri dei superconduttori ad alta temperatura critica, i cuprati: anche a temperature superiori a quella critica sono speciali, si comportano come metalli “strani”. Cioè la loro resistenza elettrica cambia con la temperatura in modo diverso da quella dei metalli normali.

La ricerca indica l’esistenza di un **punto critico quantistico** collegato alla fase denominata “metallo strano”. *“Un punto critico quantistico individua le condizioni specifiche in cui un materiale subisce un improvviso cambiamento nelle sue proprietà a causa di soli effetti quantistici. Così come il ghiaccio fonde e diventa liquido a zero gradi centigradi a causa degli effetti microscopici della temperatura, i cuprati diventano un metallo “strano” a causa delle fluttuazioni quantistiche di carica”* afferma **Riccardo Arpaia**, autore principale dello studio e ricercatore presso il Dipartimento di Microtecnologie e Nanoscienze di Chalmers.

La ricerca si è basata su esperimenti di diffusione di raggi X condotti presso il Sincrotrone Europeo ESRF e il sincrotrone britannico Diamond Light Source, che hanno evidenziato l’esistenza di fluttuazioni della densità di carica capaci di influenzare la resistenza elettrica dei cuprati in modo tale da renderli “strani”. La misurazione sistematica di come varia l’energia di queste fluttuazioni ha permesso di identificare il valore esatto della densità di portatori di carica in corrispondenza della quale essa è minima: il punto critico quantistico.

“Questo è il risultato di più di cinque anni di lavoro. Abbiamo usato una tecnica, chiamata RIXS, in gran parte sviluppata da noi del Politecnico di Milano. Grazie a numerose campagne di misura e a nuovi metodi di analisi dei

Media Relations
Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci 32
20133 Milano

T +39 02 2399 2441
C. +39 3666211435
relazionimedia@polimi.it
www.polimi.it

dati abbiamo potuto dimostrare l'esistenza del punto critico quantistico. Capire bene i cuprati ci permetterà di progettare materiali ancora migliori, con temperature critiche più alte, e quindi più facili da sfruttare nelle tecnologie di domani" aggiunge **Giacomo Ghiringhelli**, Professore del dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano e coordinatore della ricerca.

"Questa scoperta rappresenta un progresso importante per la comprensione non solo delle proprietà anomale dello stato metallico dei cuprati, ma anche dei meccanismi ancora oscuri alla base della superconduttività ad alta temperatura" afferma **Sergio Caprara**, Professore presso il Dipartimento di Fisica della Sapienza, che ha elaborato insieme ai colleghi del gruppo teorico di Roma la teoria che assegna alle fluttuazioni di carica un ruolo fondamentale nei cuprati.

LINK article:

[Signature of quantum criticality in cuprates by charge density fluctuations](#)

DIDA immagini

1) Lo strumento ERIXS del Sincrotrone Europeo ESRF che ha permesso di misurare l'energia delle fluttuazioni di carica nei cuprati. Questo spettrometro è stato sviluppato in collaborazione con il POLIMI e ha il record del mondo di risoluzione.

2) Il punto critico quantistico (QCP) nel diagramma di fase dei cuprati è riconoscibile perché l'energia delle fluttuazioni di carica si avvicina a zero. I risultati sperimentali sono nel diagramma in secondo piano, l'andamento ideale è disegnato in primo piano.

Politecnico di Milano

Media Relations
Francesca Pierangeli
02 2399.2441 – 3666211435
relazionimedia@polimi.it

Sapienza Università di Roma

Stampa e comunicazione
Alessandra Bomben
06 49910035-0034 - 3669243921
stampa@uniroma1.it

English version

A cause for the "strange" behavior of cuprates discovered - a step towards more sustainable superconductor applications.

The study by Politecnico di Milano, Chalmers University of Technology, and Sapienza University of Rome, published in *Nature Communications*

Milan, December 11, 2023 - Taking a significant step forward in superconductivity research, the discovery could pave the way for sustainable technologies and contribute to a more environmentally friendly future.

The study just published in [Nature Communications](#) by researchers from Politecnico di Milano, Chalmers University of Technology in Göteborg and Sapienza University of Rome sheds light on one of the many mysteries of high-critical-temperature copper-based superconductors: even at temperatures above the critical temperature, they are special, behaving like "strange" metals. This means that their electrical resistance changes with temperature differently than that of normal metals.

The research hints at the existence of a **quantum critical point** connected to the phase called "strange metal". *"A quantum critical point identifies specific conditions where a material undergoes a sudden change in its properties due solely to quantum effects. Just like ice melts and becomes liquid at zero degrees Celsius due to microscopic temperature effects, cuprates turn into a 'strange' metal because of quantum charge fluctuations"* commented **Riccardo Arpaia**, researcher at the Department of Microtechnology and Nanoscience at Chalmers and leading author of the study.

The research is based on X-ray scattering experiments conducted at the European Synchrotron ESRF and at the British synchrotron DLS. They reveal the existence of charge density fluctuations affecting the electrical resistance of cuprates in such a way as to make them "strange". The systematic measurement of how the energy of these fluctuations varies allowed identifying the value of the charge carrier density at which this energy is minimum: the quantum critical point.

"This is the result of more than five years of work. We used a technique, called RIXS, largely developed by us at the Politecnico di Milano. Thanks to numerous measurement campaigns and to new data analysis methods, we were able to prove the existence of the quantum critical point. A better understanding of cuprates will guide the design of even better materials, with higher critical temperatures, and therefore easier to exploit in tomorrow's technologies" adds **Giacomo Ghiringhelli**, Professor at the Physics Department of the Politecnico di Milano and coordinator of the research.

Sergio Caprara, together with his colleagues at the Department of Physics of Sapienza University of Rome, came up with the theory that assigns to charge fluctuations a key role in cuprates. He declared “*This discovery represents an important advancement in understanding not only the anomalous properties of the metallic state of cuprates, but also the still obscure mechanisms underlying high-temperature superconductivity*”.

LINK article:

[Signature of quantum criticality in cuprates by charge density fluctuations](#)