



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Comunicare l'attività scientifica universitaria:  
l'esperienza della Sapienza

novembre 2023

# Dall'articolo scientifico al comunicato stampa divulgativo



## Criteri per accettare la proposta del ricercatore

- Pubblicazione su rivista
- Parere favorevole dei referee interni

## RESEARCH

### SUPERCONDUCTIVITY

## Restored strange metal phase through suppression of charge density waves in underdoped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Eric Wahlberg<sup>1</sup>, Riccardo Arpaia<sup>1,2\*</sup>, Götz Seibold<sup>3</sup>, Matteo Rossi<sup>2†</sup>, Roberto Fumagalli<sup>2</sup>, Edoardo Trabaldo<sup>1</sup>, Nicholas B. Brookes<sup>4</sup>, Lucio Braicovich<sup>2,4</sup>, Sergio Caprara<sup>5,6</sup>, Ulf Gran<sup>7</sup>, Giacomo Ghiringhelli<sup>2,8</sup>, Thilo Bauch<sup>1</sup>, Floriana Lombardi<sup>1\*</sup>

The normal state of optimally doped cuprates is dominated by the “strange metal” phase that shows a linear temperature ( $T$ ) dependence of the resistivity persisting down to the lowest  $T$ . For underdoped cuprates, this behavior is lost below the pseudogap temperature  $T^*$ , where charge density waves (CDWs), together with other intertwined local orders, characterize the ground state. We found that the  $T$ -linear resistivity of highly strained, ultrathin, underdoped  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  films is restored when the CDW amplitude, detected by resonant inelastic x-ray scattering, is suppressed. This observation suggests an intimate connection between the onset of CDWs and the departure from  $T$ -linear resistivity in underdoped cuprates. Our results illustrate the potential of using strain control to manipulate the ground state of quantum materials.

Cuprate high-temperature superconductors belong to a class of materials where strong electron-electron correlations play a fundamental role, and whose unconventional properties might require abandoning traditional concepts of solid-state physics for a proper description (1). The “strange metal” phase of these superconductors is one of the most striking manifestations of the strong correlations. At optimal doping, this phase manifests as a linear temperature dependence of the resistivity that persists to the lowest  $T$  when superconductivity is suppressed (1–4). This behavior is fundamentally different from that observed in more conventional metals (3), where a  $T$ -linear dependence of the resistivity

scattering process (4, 7). Local interactions among quasiparticles suggest that ordinary metals cannot thermalize on such a short time scale; reaching the Planckian limit would require every particle to be entangled with every other particle in the system.

In cuprates, the  $T$ -linear resistivity is lost for doping above and below the optimal doping. In the overdoped regime, the recovery of an almost  $T^2$  dependence of the resistivity, typical of a Fermi liquid, is a consequence of the increased screening of the electron-electron interactions caused by a higher charge carrier density. In the underdoped regime, the deviation from  $T$ -linear behavior happens at temperatures close to  $T^*$ , known as the pseudogap

temperature, where states are missing at the Fermi energy (8). In the pseudogap region, the high-temperature superconductor phase diagram also hosts a plethora of intertwined electronic local ordering phenomena that break rotational/translational symmetry (1, 9–13); charge density wave (CDW) order (11) is the most prominent one. The association between the departure from the  $T$ -linear resistivity and the occurrence of the pseudogap phenomenon has long been speculated. However, there is no consensus on the physics at play, nor on the causality hierarchy among pseudogap, local orders, and strange metal phenomenology (14, 15). This is because the strange metal exhibits its most salient features in transport and its connection to spectral signatures is elusive (16). More specifically, the challenge is to disentangle the various possible mechanisms leading to the breakdown of the  $T$ -linear resistivity, such as the occurrence of the pseudogap and the appearance of local orders such as CDW. One way to address this challenge is to tune the local properties of underdoped high-temperature superconductors. In particular, the CDW can be strongly modified under pressure (17, 18), strong magnetic fields (19), and strain in crystals (20) and thin films (21).

To tune the ground state in thin films of the cuprate material  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (YBCO), we use the geometric modification of its unit cell under the strong strain induced by the substrate. We show that the  $T$ -linear resistivity dependence is completely recovered (down to the superconducting critical temperature  $T_c$ ) along the  $b$  axis when the CDW, detected by resonant inelastic x-ray scattering (RIXS), is suppressed along the  $a$  axis.



# Testo proposto dal ricercatore

## Metalli strani e onde di densità di carica.

La collaborazione tra i gruppi sperimentali di Chalmers e del Politecnico di Milano e i teorici di Roma Sapienza e Cottbus ha aggiunto un importante tassello nel complicato puzzle rappresentato dalle proprietà dei superconduttori ad alta temperatura critica della famiglia dei cuprati. Questi materiali, che diventano superconduttori se opportunamente drogati, sono caratterizzati da un complesso diagramma di fase nel piano temperatura-drogaggio, in cui diverse fasi appaiono in competizione tra loro. Alcune di queste fasi competitive sono elusive, ed è fondamentale osservarle e caratterizzarle. Questo è il caso della fase charge-density wave (onda di densità di carica), che era stata predetta dal gruppo teorico di Roma fin dal 1995, ed è stata osservata solo recentemente in tutti i materiali della famiglia dei cuprati, grazie allo sviluppo di tecniche di diffusione anelastica risonante di raggi X. Un'altra importante caratteristica dei cuprati è costituita dalle anomalie delle proprietà della fase metallica, che non trovano una spiegazione nel paradigma della Teoria di Landau dei Liquidi di Fermi. In particolare, nella cosiddetta fase del "metallo strano", la resistività elettrica varia linearmente con la temperatura e questo comportamento anomalo può estendersi fino alla temperatura di transizione alla fase superconduttiva, e anche più sotto, se la superconduttività viene soppressa da un campo magnetico. Tale dipendenza lineare scompare nella fase charge-density wave.

Wahlberg et al., in un lavoro pubblicato su Science, hanno incrociato misure di resistività e di diffusione anelastica risonante di raggi X su film sottili di  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , e hanno mostrato che al diminuire dello spessore del film, nella regione del diagramma di fase in cui sono presenti onde di densità di carica, si ha una progressiva soppressione dell'onda di densità di carica, accompagnata da un recupero della dipendenza lineare della resistività dalla temperatura, caratteristica del "metallo strano".

# Comunicato stampa

UFFICIO STAMPA  
E COMUNICAZIONE



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Roma, 15 ottobre 2021

COMUNICATO STAMPA

## **I cuprati: metalli strani e promettenti per la tecnologia del futuro**

Un team internazionale di ricerca, che ha visto la partecipazione del Dipartimento di Fisica di Sapienza, ha pubblicato su Science una ricerca che aggiunge un importante tassello al complicato puzzle dei cuprati, famiglia di composti che diventano superconduttori ad alta temperatura critica

I superconduttori sono materiali che rappresentano una delle sfide ancora aperte della ricerca scientifica. Diverse infatti sono le loro possibili applicazioni, grazie alla proprietà di sostenere il passaggio di corrente elettrica senza scaldarsi e dissipare energia: questa caratteristica può essere sfruttata, per esempio, per ridurre gli sprechi nel trasporto di energia elettrica dalle centrali alle case o per la diagnostica avanzata della risonanza magnetica nucleare.

Tuttavia, affinché un materiale manifesti tale proprietà e diventi effettivamente superconduttivo, bisogna scendere a temperature bassissime. Al momento, l'uso dei superconduttori su larga scala è antieconomico per gli alti costi di gestione, principalmente rispetto al raffreddamento. Temperatura, dunque, è la parola chiave e, a livello globale, la soluzione è nei nuovi materiali che si comportino da superconduttori anche a temperature più elevate.

In questa cornice si studiano con crescente attenzione i cuprati, composti a base di rame e ossigeno che, se opportunamente "drogati" (ovvero con l'aggiunta di piccole quantità di impurità), diventano superconduttori ad alta temperatura, aprendo la prospettiva di promettenti applicazioni future.

# Riscontro sui media

Att S&T > Energia

Fai la Ricerca

## Materiali superconduttori meno 'strani' del previsto

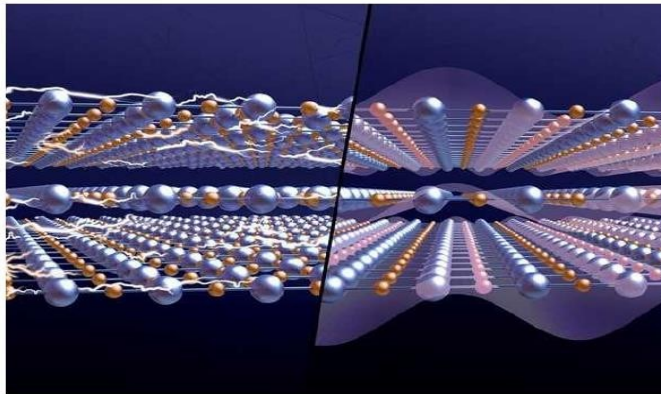
Sono i cuprati, potrebbero abbattere i costi dell'elettricità



Redazione ANSA

29 ottobre 2021 14:37

Scrivi alla redazione



Rappresentazione artistica del movimento degli elettroni nel cuprato. A sinistra nella fase di metallo strano, a destra nello stato di metallo quasi normale (fonte: Yen Strandqvist/Chalmers) © ANSA/Ansa

CLICCA PER INGRANDIRE



E' meno 'strano' del previsto il comportamento dei cuprati, speciali materiali superconduttori fatti di rame e ossigeno che in futuro potrebbero abbattere gli sprechi nella distribuzione dell'elettricità: lo dimostra uno studio pubblicato sulla rivista Science e frutto della collaborazione tra [Università Chalmers](#) di Goteborg, Politecnico di Milano, [Sapienza di Roma](#) e Sincrotrone Europeo ESRF.

I superconduttori sono materiali nei quali la corrente elettrica viaggia senza resistenza al di sotto di una certa temperatura: questo li differenzia in modo drastico dai normali metalli, in cui la resistenza comporta una produzione di calore e quindi uno spreco di energia. Benché nota da più di un secolo, la superconduttività rimane uno dei fenomeni più misteriosi e affascinanti studiati dalla fisica dei solidi: l'obiettivo è trovare materiali che siano superconduttori a temperatura ambiente.

Una proprietà importante dei cuprati è data dal fatto che, anche a temperatura superiore a quella critica (quando sono nello stato 'normale' e quindi non hanno resistenza zero), si comportano in modo non convenzionale, tanto da essere denominati metalli 'strani'. La stranezza sta nell'aumento lineare della resistività con la temperatura, cosa che non avviene per i metalli normali. Capire la 'stranezza' dello stato 'normale' dei cuprati superconduttori è uno degli obiettivi della ricerca in questo campo negli ultimi anni. Lo studio internazionale a cui partecipano Politecnico di Milano e [Sapienza](#) dimostra che, nello stato normale, la

## Quantum key distribution with entangled photons generated on demand by a quantum dot

FRANCESCO BASSO BASSET , MAURO VALERI , EMANUELE ROCCIA , VALERIO MUREDDA , DAVIDE PODERINI , JULIA NEUWIRTH , NICOLÒ SPAGNOLO , MICHELE B. ROTA .

GONZALO CARVACHO , [...] RINALDO TROTTA  [+2 authors](#) [Authors Info & Affiliations](#)

SCIENCE ADVANCES • 19 Mar 2021 • Vol 7, Issue 12 • DOI:10.1126/sciadv.abe6379

 671  5



### Abstract

Quantum key distribution—exchanging a random secret key relying on a quantum mechanical resource—is the core feature of secure quantum networks. Entanglement-based protocols offer additional layers of security and scale favorably with quantum repeaters, but the stringent requirements set on the photon source have made their use situational so far. Semiconductor-based quantum emitters are a promising solution in this scenario, ensuring on-demand generation of near-unity-fidelity entangled photons with record-low multiphoton emission, the latter feature countering some of the best eavesdropping attacks. Here, we use a coherently driven quantum dot to experimentally demonstrate a modified Ekert quantum key distribution protocol with two quantum channel approaches: both a 250-m-long single-mode fiber and in free space, connecting two buildings within the campus of Sapienza University in Rome. Our field study highlights that quantum-dot entangled photon sources are ready to go beyond laboratory experiments, thus opening the way to real-life quantum communication.





# Testo proposto dal ricercatore

**Distribuzione di una chiave quantistica con fotoni entangled creati da quantum dot all'interno della Università di Roma "La Sapienza"**

**Conversazioni crittografate: quando le leggi della fisica proteggono i dati personali/sensibili**

**Le leggi della fisica in difesa dei dati personali/sensibili**

**Crittografia quantistica: dalla fisica un ulteriore livello di sicurezza per le comunicazioni**

Comunicare a distanza è diventato parte integrante della vita di tutti i giorni: che sia per contattare privatamente amici o conoscenti, o per inviare dati sensibili, come ad esempio effettuare transazioni bancarie, è sempre più crescente il bisogno di un sistema che ci tenga in contatto con il resto del mondo.

Allo stesso tempo diventa di fondamentale importanza creare un sistema di protezione che renda sicuro lo scambio di dati, salvaguardandoli da potenziali intrusi. Infatti gli attuali mezzi di comunicazione sono intrinsecamente vulnerabili e il loro livello di sicurezza dipende esclusivamente dalle capacità tecnologiche dell'intruso.

Una soluzione a questo problema è stata individuata nella meccanica quantistica, che fornisce dei sistemi, oggi conosciuti con la denominazione di "distribuzione a chiave quantistica" in cui la sicurezza della comunicazione è garantita dalle leggi della fisica stessa: in una comunicazione crittografata, due utenti usano una chiave segreta per codificare un qualsiasi messaggio che diventa incomprensibile all'esterno. Questa chiave viene trasmessa, come suggerisce il nome, utilizzando segnali quantistici.

La sicurezza di tali protocolli è garantita dalla impossibilità di duplicare esattamente uno stato quantistico sconosciuto, una peculiare proprietà che rende visibile la presenza di un eventuale intruso nel canale di comunicazione. Nonostante questo tipo di soluzione sia già stata studiata e implementata sperimentalmente negli ultimi anni grazie all'aiuto delle tecnologie ottiche, una delle sfide più difficili da affrontare è quella di ottimizzare la generazione dei portatori di informazione quantistica per tale scopo, ovvero i singoli fotoni, e la loro peculiare proprietà di correlazione a distanza, l'entanglement quantistico.

# Comunicato stampa

Roma, 20 marzo 2021

COMUNICATO STAMPA

## **Conversazioni crittografate: quando le leggi della fisica proteggono i dati sensibili**

Un nuovo studio Sapienza, frutto della collaborazione tra due gruppi sperimentali del Dipartimento di Fisica, dimostra come, attraverso l'impiego di un nuovo tipo di emettitori di fotoni, i quantum dots, sia possibile garantire un ulteriore livello di sicurezza per i dati trasmessi in un canale di comunicazione, che si tratti di una conversazione telefonica o di una transazione bancaria. La ricerca, pubblicata su Science Advances, ha previsto lo sviluppo sperimentale del primo canale di comunicazione quantistica tra due edifici all'interno del campus Sapienza

Comunicare a distanza è diventata la regola nella vita di tutti i giorni sia per contattare privatamente amici o conoscenti, che per inviare dati sensibili, come ad esempio nelle transazioni bancarie.

Diventa quindi di fondamentale importanza creare un apparato di protezione che renda sicuro lo scambio di dati, salvaguardandoli da potenziali intrusi. Infatti gli attuali mezzi di comunicazione sono intrinsecamente vulnerabili e il loro livello di sicurezza dipende esclusivamente dalle capacità tecnologiche dell'intruso.

Una soluzione a questo problema è stata individuata nella meccanica quantistica, che fornisce sistemi oggi conosciuti con la denominazione di "distribuzione a chiave quantistica", in cui la sicurezza della comunicazione è garantita dalle leggi della fisica stessa: in una comunicazione crittografata, due utenti usano una chiave segreta per codificare un qualsiasi messaggio che diventa incomprensibile all'esterno. Questa chiave viene trasmessa, come suggerisce il nome, utilizzando segnali quantistici.

La sicurezza di tali protocolli è garantita dalla impossibilità di duplicare esattamente uno stato quantistico sconosciuto, una peculiare proprietà che rende visibile la presenza di un eventuale intruso nel canale di comunicazione. Nonostante questo tipo di soluzione sia già stata studiata e implementata sperimentalmente negli ultimi anni grazie all'aiuto delle tecnologie ottiche, una delle sfide più difficili da affrontare è quella di ottimizzare la generazione dei portatori di informazione quantistica per tale scopo, ovvero i singoli fotoni, e la loro peculiare proprietà di correlazione a distanza, l'entanglement quantistico.

# Riscontro sui media

asknews

CYBER SECURITY Sabato 20 marzo 2021 - 17:44

## Conversazioni crittografate: quando leggi fisica proteggono dati sensibili

Nuovo studio Sapienza sui Quantum Dots



Roma, 20 mar. (askanews) – Comunicare a distanza è diventata la regola nella vita di tutti i giorni sia per contattare privatamente amici o conoscenti, che per inviare dati sensibili, come ad esempio nelle transazioni bancarie.

Una soluzione a questo problema è stata individuata nella meccanica quantistica, che fornisce sistemi oggi conosciuti con la denominazione di “distribuzione a chiave quantistica”, in cui la sicurezza della comunicazione è garantita dalle leggi della fisica stessa: in una comunicazione crittografata, due utenti usano una chiave segreta per codificare un qualsiasi messaggio che diventa incomprensibile all'esterno. Questa chiave viene trasmessa, come suggerisce il nome, utilizzando

# L'appel delle notizie scientifiche

novità e attualità, interesse generale, prossimità

- Alla Sapienza il primo trapianto di trachea  
[Vai alla notizia](#)
- Simba, il satellite che monitora gli animali  
[Vai alla notizia](#)
- Effetto Michelangelo: opere d'arte e realtà virtuale nella riabilitazione neurologica  
[Vai alla notizia](#)



# La gestione integrata della notizia scientifica



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

STUDENTI

LAUREATI

DOCENTI

PERSONALE

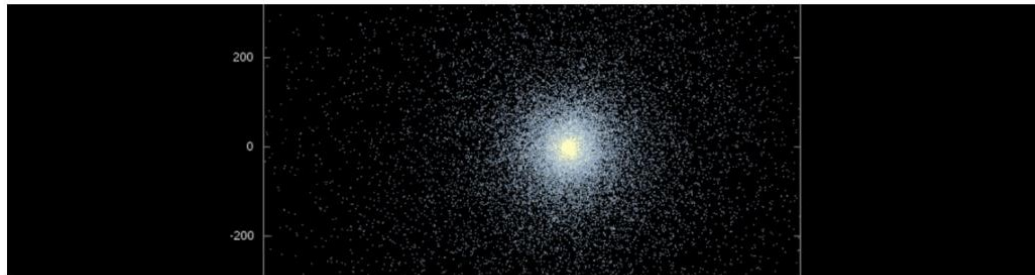
CONTATTI

cerca nel sito



IT

Home / Ricerca / Alle origini del buco nero supermassiccio della Via Lattea



## Alle origini del buco nero supermassiccio della Via Lattea

Uno studio coordinato dal Dipartimento di Fisica della Sapienza fornisce nuove informazioni sulla formazione del buco nero che si trova al centro della nostra Galassia. Lo studio suggerisce che il buco nero super massiccio sia il residuo di un insieme di buchi neri più leggeri che, orbitando, hanno perso energia fino a fondersi. I risultati del lavoro sono stati pubblicati sulla rivista Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

**Sagittarius A\* (Sgr A\*)** è una intensa sorgente di onde radio molto compatta, **situata al centro della Via Lattea**, e nello specifico, nella costellazione del Sagittario.

**Sgr A\* è anche il punto della nostra Galassia in cui si trova un oggetto estremamente compatto** - 4 milioni di volte più massiccio del Sole - un componente caratteristico dei centri di molte galassie ellittiche e spirali.

L'identificazione di questo "mostro celeste" ha fatto vincere il premio Nobel 2020 per la fisica agli scienziati R. Genzel e A. Ghez, che hanno effettuato misurazioni dei movimenti delle stelle nella regione centrale della Galassia così precise da contribuire a **dimostrare l'esistenza di questo oggetto, molto probabilmente assimilabile a un buco nero supermassiccio.**


### Collegamenti

[Dipartimento di Fisica](#)

[Leggi l'articolo su Monthly Notices of the Royal Astronomical Society](#)


[Segnalazioni dei media](#)

# La gestione integrata della notizia scientifica




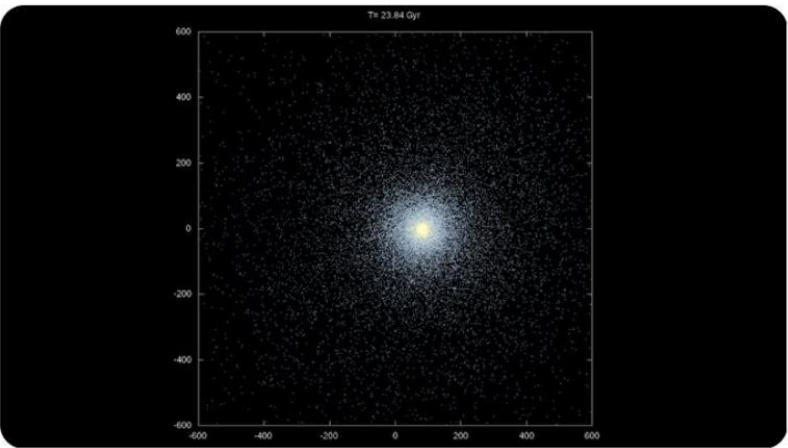
# Esplora

⚙ Impostazioni





**Sapienza Università di Roma**  
31.291 Tweet

**Segui**

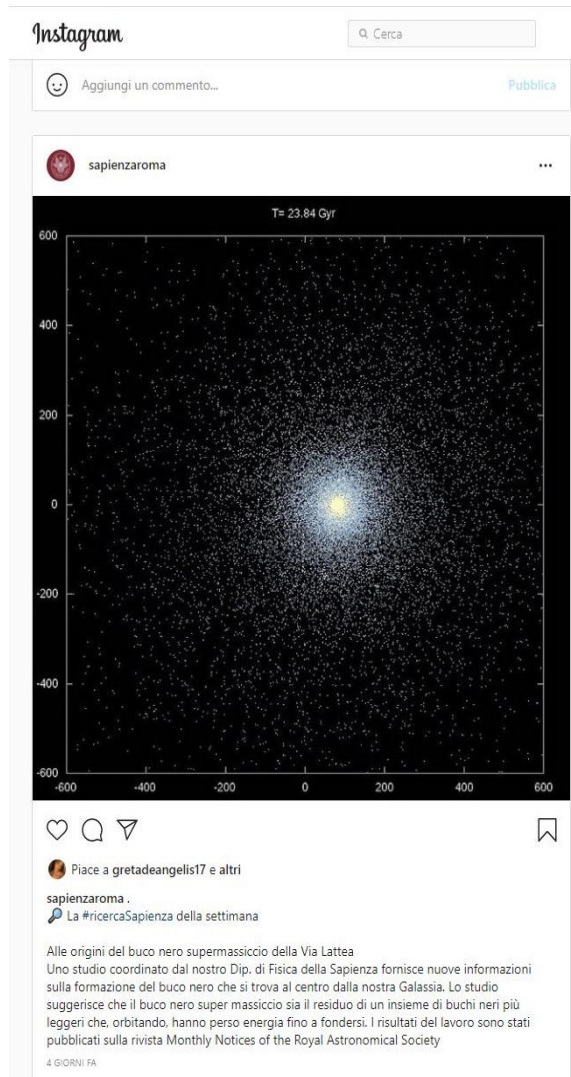
**Sapienza Università di Roma** @SapienzaRoma · 15 nov  
🔍 La [#ricercaSapienza](#) della settimana: Alle origini del buco nero supermassiccio della Via Lattea, uno studio suggerisce sia il residuo di buchi neri più leggeri che hanno perso energia fino a fondersi ➡ [bit.ly/buco-via-lattea](https://bit.ly/buco-via-lattea)  
[#Smfn\\_Sapienza](#) [#Phys\\_Sapienza](#) @RoyalAstroSoc



Ricerca Sapienza e altri 5

  1  2 

# La gestione integrata della notizia scientifica



# Coordinare la comunicazione social

- Profili individuali e account istituzionali: una convivenza possibile
- Condividere in anticipo per rafforzare l'impatto comunicativo



# Metaverso, Ai e altri scenari



**Grazie  
per l'attenzione!**