

COMUNICATO STAMPA

## UN'ONDA QUANTISTICA E DUE CRISTALLI

*Un rivoluzionario passo avanti nella fisica dei neutroni: un team di ricercatori dell'Università Tecnica di Vienna, dell'INRiM di Torino e dell'ILL di Grenoble ha fatto funzionare il primo interferometro a neutroni con due cristalli separati*

**Torino, 18 Luglio 2022** – L'affermazione che una particella può comportarsi come un'onda e percorrere simultaneamente cammini diversi è un pilastro della fisica quantistica. È quanto accade nell'interferometria con neutroni: lanciando i neutroni su un cristallo, l'onda che li descrive è divisa in due e successivamente ricomposta da un secondo cristallo dopo aver percorso cammini differenti. Le figure di interferenza che si osservano registrando la posizione finale dei neutroni ne confermano la natura ondulatoria.

L'interferometria a neutroni ha svolto un ruolo fondamentale nelle misurazioni di precisione e nella ricerca fondamentale per decenni. Purtroppo la dimensione di questi interferometri è limitata e possono funzionare solo se scolpiti in un singolo cristallo di silicio. A partire dagli anni '90 si è cercato di realizzare interferometri con cristalli separati, ma senza successo. Recentemente, un gruppo di ricercatori dell'Università Tecnica (TU) di Vienna, dell'INRiM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) di Torino e dell'ILL (Institut Laue-Langevin) di Grenoble ha realizzato questa impresa utilizzando un micromanipolatore ad alta precisione per l'allineamento dei cristalli. Questo risultato apre nuove opportunità alle misurazioni quantistiche, inclusa la ricerca degli effetti quantistici della gravità.

### Il primo passo nel 1974

La storia dell'interferometria a neutroni inizia nel 1974 a Vienna. Helmut Rauch, per molti anni professore all'Atomic Institute a Vienna, realizzò (presso il reattore nucleare

---

#### INRiM

Enrico Massa - tel + 39 011 3919 760  
[e.massa@inrim.it](mailto:e.massa@inrim.it)

Carlo P. Sasso - tel + 39 011 3919 912  
[c.sasso@inrim.it](mailto:c.sasso@inrim.it)

Barbara Fracassi - tel +39 011 3919 546  
[comunicazione@inrim.it](mailto:comunicazione@inrim.it) <https://www.inrim.it/>

TRIGA di Vienna) un interferometro a neutroni e osservò per la prima volta l'interferenza dei neutroni. Alcuni anni dopo, la TU Vienna organizzò una stazione di interferometria permanente, la linea S18, presso la sorgente di neutroni più potente del mondo, il reattore nucleare dell'Institut Laue-Langevin (ILL) a Grenoble. Questa installazione è ancora operativa ai giorni nostri.

*"Il funzionamento di un interferometro è simile a quello del famoso esperimento della doppia fenditura, in cui ogni particella di un fascio, comportandosi come un'onda, attraversa simultaneamente due fenditure e, sovrapponendosi, origina un'immagine di interferenza"*, spiega Hartmut Lemmel (TU Vienna).

Mentre in questo esperimento le fenditure hanno una distanza micrometrica, nell'interferometro, i neutroni si instradano in due cammini distanti alcuni centimetri. L'onda quantistica che descrive i neutroni assume quindi dimensioni macroscopiche. Tuttavia, sovrapponendo nuovamente i due cammini e registrando dove si trova ogni neutrone, si crea un'immagine che prova chiaramente che ognuno ha percorso entrambi i cammini contemporaneamente.

### **Qualsiasi imprecisione può distruggere il risultato**

La sovrapposizione e l'interferenza dei neutroni sono estremamente fragili. *"Piccole imprecisioni, vibrazioni, spostamenti o rotazioni dei cristalli che formano l'interferometro le distruggono"*, afferma Hartmut Lemmel. *"Ecco perché si scolpisce l'interferometro in un singolo cristallo"*. In questo modo, tutti gli atomi sono connessi e hanno una distanza regolare. Quindi è possibile ridurre al minimo l'influenza dei disturbi esterni.

Questa configurazione monolitica limita le possibilità, perché i cristalli non possono avere grandi dimensioni. *"Negli anni '90, si è cercato di realizzare interferometri utilizzando cristalli separati, che potevano essere posizionati a una distanza maggiore l'uno dall'altro"*, afferma Lemmel, *"ma senza successo. L'allineamento dei due cristalli non ha raggiunto le accuratezze richieste"*.

---

#### **INRiM**

Enrico Massa - tel + 39 011 3919 760  
[e.massa@inrim.it](mailto:e.massa@inrim.it)

Carlo P. Sasso - tel + 39 011 3919 912  
[c.sasso@inrim.it](mailto:c.sasso@inrim.it)

Barbara Fracassi - tel +39 011 3919 546  
[comunicazione@inrim.it](mailto:comunicazione@inrim.it) <https://www.inrim.it/>

---

## **Altissime esigenze di precisione**

Le richieste di precisione sono estreme. Quando un cristallo dell'interferometro viene spostato di un singolo atomo, la figura di interferenza cambia di un intero periodo. Se uno dei cristalli viene ruotato di un angolo dell'ordine di un centomillesimo di grado, la figura di interferenza viene distrutta. La precisione angolare richiesta corrisponde all'incirca a lanciare una particella da Vienna a Grenoble mirando a una capocchia di spillo, che è posta a 900 chilometri di distanza, oppure a centrare un tombino sulla Luna.

L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) di Torino ha fornito le tecnologie necessarie che ha sviluppato nel corso di decenni nel campo dell'interferometria a scansione con raggi X. Gli interferometri a scansione sono realizzati da cristalli di silicio separati e sono altrettanto sensibili. La sensibilità allo spostamento è stata utilizzata a Torino per determinare la costante reticolare del silicio con un'accuratezza senza precedenti. Questo risultato ha permesso di contare gli atomi in una sfera macroscopica di silicio, di determinare le costanti di Avogadro e Planck e di ridefinire infine il chilogrammo.

*"Sebbene la precisione richiesta sia ancora più alta per i neutroni, quello che funziona con i raggi X deve funzionare anche con i neutroni"*, afferma Enrico Massa dell'INRiM.

Utilizzando un interferometro laser integrato, attenuando le vibrazioni, stabilizzando la temperatura e utilizzando le competenze dell'INRiM per l'allineamento dei cristalli, l'interferenza dei neutroni con un interferometro a cristalli separati è stata finalmente osservata.

## **La ricerca fondamentale avrà dei benefici**

*"Questo è davvero un passo avanti per l'interferometria a neutroni"*, dice Michael Jentschel dell'ILL, *"Essendo in grado di controllare i due cristalli in modo che l'interferenza sia ancora possibile, possiamo aumentare la distanza ed espandere le dimensioni dell'intero sistema abbastanza facilmente"*.

---

### **INRiM**

Enrico Massa - tel + 39 011 3919 760  
[e.massa@inrim.it](mailto:e.massa@inrim.it)

Carlo P. Sasso - tel + 39 011 3919 912  
[c.sasso@inrim.it](mailto:c.sasso@inrim.it)

Barbara Fracassi - tel +39 011 3919 546  
[comunicazione@inrim.it](mailto:comunicazione@inrim.it) <https://www.inrim.it/>

---

Per molti esperimenti è proprio la taglia a determinare la sensibilità che può essere raggiunta nelle misurazioni. Per questo diverrà possibile studiare alcune interazioni quantistiche – come, per esempio, quella fra i neutroni e la gravità o altre forze che sono in via di esplorazione – con un’accuratezza mai vista.

H. Lemmel, M. Jentschel, H. Abele, F. Lafont, B. Guerard, C.P. Sasso, G. Mana, E. Massa – *Neutron interference from a split-crystal interferometer*, J. Appl. Cryst. 55, (2022) <http://doi.org/10.1107/S160057672200608>.



© Michael Jentschel, ILL

Da sinistra a destra: Michael Jentschel (ILL Grenoble), Enrico Massa and Carlo P. Sasso (INRiM), Hartmut Lemmel (TU Vienna e ILL Grenoble).

---

**INRiM**

Enrico Massa - tel + 39 011 3919 760

[e.massa@inrim.it](mailto:e.massa@inrim.it)

Carlo P. Sasso - tel + 39 011 3919 912

[c.sasso@inrim.it](mailto:c.sasso@inrim.it)

Barbara Fracassi - tel +39 011 3919 546

[comunicazione@inrim.it](mailto:comunicazione@inrim.it) <https://www.inrim.it/>

---