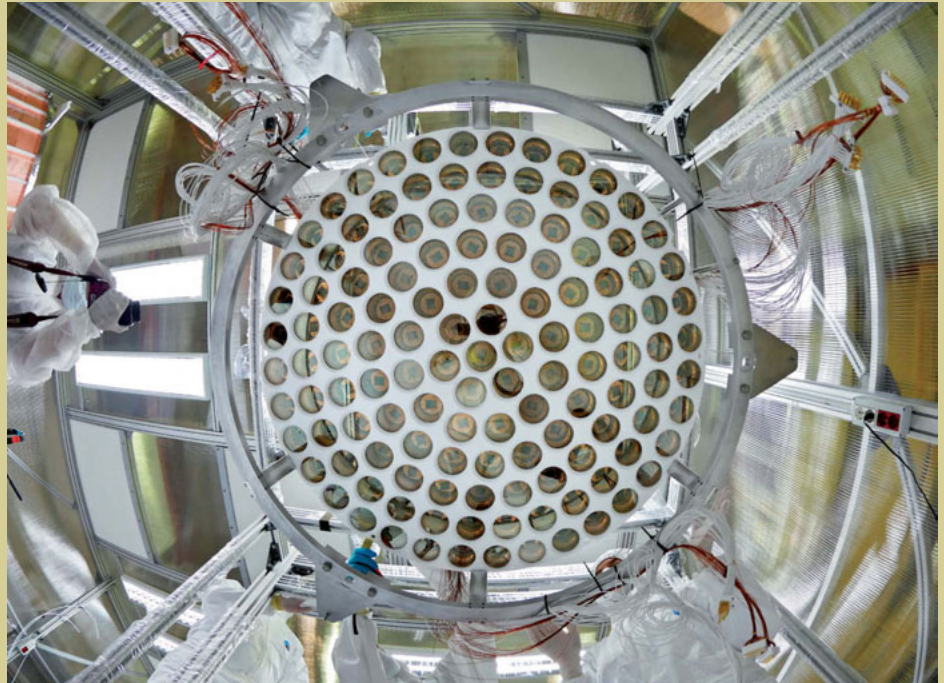


Occhio alle Wimp!

I rivelatori del futuro

di Gianluca Cavoto

a.
Fotomoltiplicatori di tipo “standard” sono usati, ad esempio, nell’esperimento Xenon ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso.



Per vedere il mondo che ci circonda, noi usiamo i nostri occhi. L’occhio raccoglie la luce, forma un’immagine che viene trasmessa dal nervo ottico al cervello, dove viene elaborata e registrata nella memoria (o dimenticata - se non ci è piaciuta!). Anche nei nostri laboratori abbiamo degli “occhi” per vedere le particelle, sia quelle che produciamo con gli acceleratori (come per esempio in Lhc) sia quelle che provengono dall’universo (ad esempio, attraverso i raggi cosmici). Questi occhi si chiamano “rivelatori di particelle” e nel corso dell’ultimo secolo ne abbiamo inventati e costruiti tanti e di tanti tipi diversi. Con i nostri rivelatori, ad esempio, sappiamo vedere la stessa luce che vede l’occhio umano. La luce è composta da minuscoli quanti di energia, detti fotoni. In un secondo una lampadina a led ne emette dieci miliardi di miliardi. I rivelatori di luce sono così

sensibili da riuscire a vedere persino un solo fotone. L’arrivo del fotone dentro il rivelatore è in grado di produrre una piccola scarica elettrica che tramite un cavo raggiunge un apparato che campiona la forma della scarica ed eventualmente la registra in un calcolatore elettronico. Se ci interessa, la registriamo, se non ci piace la buttiamo. Un tipo di rivelatore per fotoni si chiama “fotomoltiplicatore” ed è un occhio “standard” per vedere particelle “standard”, come i fotoni (vd. fig. a). Ma non ci basta. Vogliamo poter vedere tutti i tipi di particelle. E ci servono occhi davvero specializzati per farlo. Per vedere particelle dotate di carica elettrica (i protoni o gli elettroni, ad esempio) abbiamo inventato occhi che sanno vedere piccolissimi rilasci di energia che esse perdono attraversando speciali miscele di gas. Esistono oggi grandi rivelatori che vedono centinaia

di particelle contemporaneamente, in minuscole frazioni di secondo, come ad esempio Atlas o Cms al Cern. Grazie al raffinamento delle tecniche di lettura di questi rilasci di energia, si possono raggiungere precisioni micrometriche. Si possono vedere le traiettorie curve percorse dalle particelle cariche in un campo magnetico e misurarne così la quantità di moto. Ogni rivelatore - ogni occhio speciale - fonda il suo funzionamento su un particolare tipo di interazione che le particelle hanno con la materia. Il fotomoltiplicatore, per esempio, sfrutta il cosiddetto “effetto fotoelettrico” (vd. in Asimmetrie n. 12 p. 4, ndr) e i rivelatori “a gas”, invece, si basano su fenomeni di ionizzazione delle molecole dei gas. Tuttavia questi occhi, per quanto speciali e sofisticati e in continua evoluzione, sono oggi considerati rivelatori standard per particelle standard.

Esistono problemi irrisolti della fisica odierna che con alta probabilità richiedono l'esistenza di particelle non standard. Uno di questi problemi - certamente uno dei più importanti al giorno d'oggi - è lo studio della materia oscura. Della materia oscura sappiamo davvero poco, ma pensiamo che debba riempire la nostra galassia, la via Lattea. Visto che la Terra e il Sole si muovono nella via Lattea saremmo continuamente investiti da un vento di materia oscura. Sotto certe ipotesi, in un volume di un litro ci potrebbero essere circa quaranta particelle di materia oscura del tipo Wimp (vd p. 31, ndr). La materia oscura deve il suo nome proprio al fatto che non emette luce. Questa è una grande sfortuna. Significa che, anche se è presente intorno a noi, in pratica ci attraversa senza "toccarci" davvero. E se interagisce molto poco, non c'è modo di vederla facilmente. Non si possono usare occhi standard. Occorre, perciò, immaginare un modo con cui essa possa rilasciare un segnale in un rivelatore. Ci vogliono occhi nuovi.

Nei nostri laboratori una importante attività di ricerca consiste proprio nel costruire questi occhi non standard, sfruttando effetti mai usati prima oppure nuovi materiali per costruire i bersagli per le particelle Wimp. Un esempio sono i gas nobili liquefatti (come l'argon o lo xenon), che possono essere usati come bersaglio per le Wimp. Tonnellate di argon o xenon liquido contenuti in frigoriferi speciali (detti "criostati") sarebbero in grado di fermare le Wimp. Come in un urto fra palle di biliardo, le Wimp si scontrerebbero con i nuclei del bersaglio. Questi nuclei si metterebbero in moto dopo l'urto, ma sarebbero subito fermati dalle molecole circostanti. Così facendo - grazie a una importante proprietà dei liquidi nobili -

vengono prodotte luce e ionizzazione, visibili con le tecniche standard sopra menzionate.

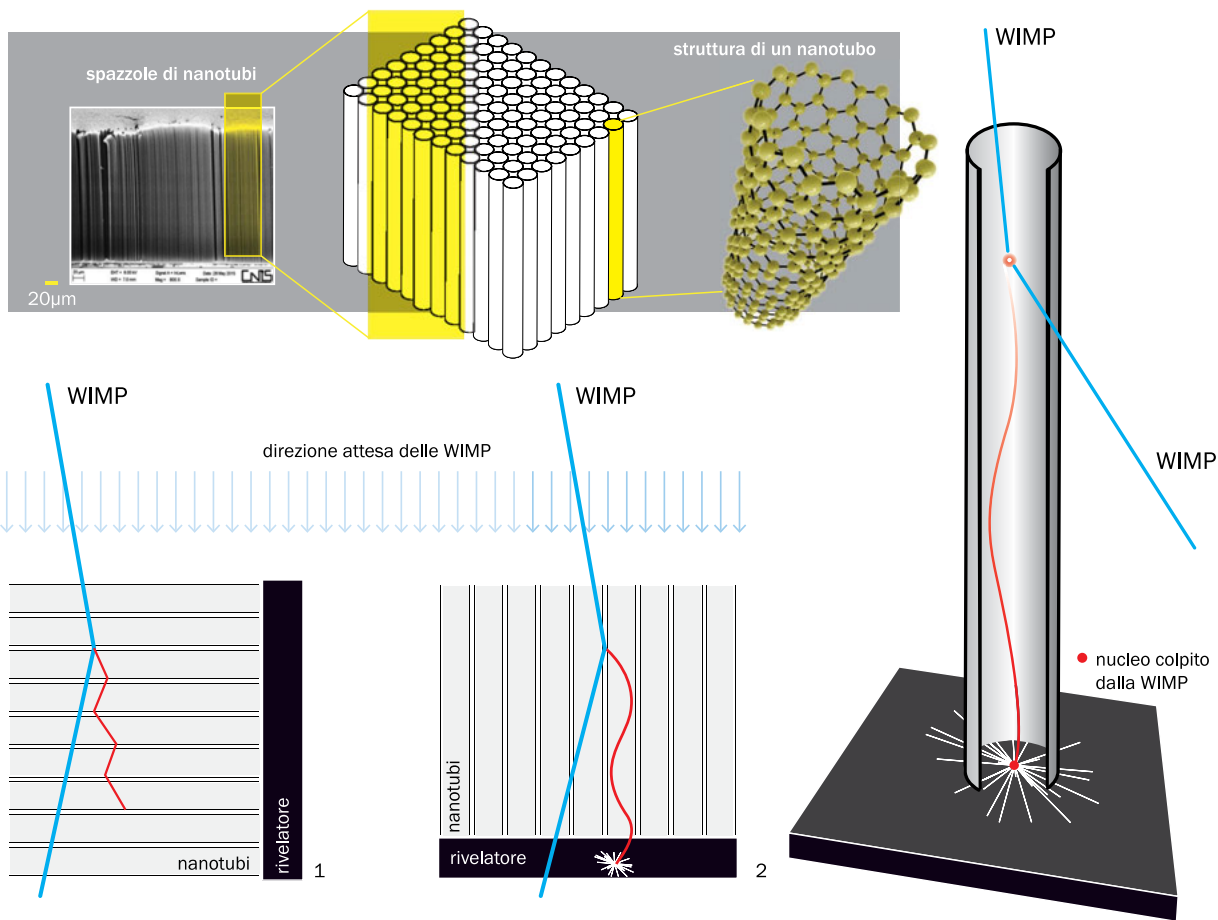
Questo tipo di occhio freddo e pesante è uno dei rivelatori innovativi che si stanno preparando, chiamato Dark Side (vd. fig. d a p. 8, ndr), e che nei prossimi anni sarà usato nei laboratori sotterranei del Gran Sasso dell'Infn per cercare di vedere le Wimp della via Lattea. Un progetto ambizioso, in cui l'Infn è coinvolto e che cerca di accumulare in un criostato almeno 20 tonnellate di argon liquido. Visto che le Wimp sono così sfuggenti, tanti più bersagli si assemblano, tanto più possiamo sperare di vedere l'urto della Wimp. Tuttavia, raccogliere tutte queste tonnellate di argon (in natura presente principalmente come isotopo stabile, l'argon-40) non è cosa facile. Soprattutto perché esiste un isotopo radioattivo, l'argon-39, che produrrebbe un segnale molto simile a quello delle Wimp nel rivelatore Dark Side. L'argon-39 va pertanto eliminato. Per farlo si sta progettando una torre di distillazione alta come la torre Eiffel, che verrà costruita in una miniera dismessa del Sulcis (in Sardegna), dove possiamo purificare tutto l'argon-40 che ci serve (vd. fig. b)!

La fantasia dei ricercatori però è fervida e porta ad azzardare di poter usare persino materiali, le cui proprietà non sono ad oggi perfettamente note. Un esempio sono i nanotubi di carbonio.

Un nanotubo è letteralmente un tubo, la cui superficie è uno strato monoatomico con un diametro di qualche decina di nanometri e alto centinaia di micrometri (vd. in Asimmetrie n. 12 p. 46, ndr). È perciò diecimila volte più sottile di un capello umano e solo duecento volte più grande di un atomo. Oggi si sanno crescere vere e proprie "spazzole" di nanotubi allineati. Queste spazzole allineate e orientate lungo la direzione in cui



b.
Vista dall'alto della miniera di Monte Sinni, nel bacino carbonifero del Sulcis, in Sardegna, dove si sta progettando una torre di distillazione alta come la torre Eiffel che permetterà di separare l'aria nei suoi componenti fondamentali (da cui il nome del progetto, Aria). Uno di questi componenti, l'argon-40, senza le contaminazioni dell'isotopo instabile argon-39, permetterà lo sviluppo dell'esperimento Dark Side nei Laboratori del Gran Sasso.



le Wimp si muovono, potrebbero guidare fuori dalla spazzola i nuclei messi in moto negli urti con le Wimp stesse. Fuori dalla spazzola i nuclei possono essere visti con metodi più tradizionali, come i rivelatori con gas (vd. fig. c). Il grande vantaggio che avrebbe questa “spazzola-bersaglio” è che se allineata lungo una direzione diversa di quella delle Wimp della via Lattea, anziché fare uscire i nuclei, li intrappolerebbe. Questa informazione sarebbe davvero cruciale, ci consentirebbe di capire se le Wimp vengano effettivamente dalla direzione da cui ce le aspettiamo. Nonostante

l’idea sia attraente, non sappiamo se davvero funzionerà. Si fonda, di fatto, su un fenomeno nuovo, mai osservato prima, di interazione fra la materia dei nuclei messi in moto e la materia con la struttura geometrica ordinata dei nanotubi. Stuzzica la nostra fantasia e dimostrare che i nuclei vengono trasmessi dai nanotubi sarebbe interessante di per sé. E potrebbe essere la soluzione per vedere da dove vengono le Wimp. È questo il destino della scienza, esplorare l’ignoto. Ma ci servono occhi nuovi, che dobbiamo ancora inventarci.

c. Schematizzazione dell’utilizzo dei nanotubi per identificare la direzione di provenienza delle Wimp. Nel box grigio a sinistra è visualizzata una foto micrometrica di una spazzola di nanotubi, al centro la rappresentazione schematica dei nanotubi e a destra la struttura atomica di uno di essi. In basso a sinistra, lo schema di una sezione di spazzole di nanotubi:
 1) Se la Wimp attraversa i nanotubi in direzione ortogonale ad essi e urta un nucleo del materiale che costituisce i nanotubi, questo urterà a sua volta gli altri nuclei dei nanotubi e si fermerà rapidamente.
 2) Se la Wimp attraversa i nanotubi lungo il loro asse, l’urto con un nucleo indirizzerà quest’ultimo nella direzione del nanotubo. Il campo elettrico degli altri nuclei incanalerà il nucleo sbalzato nella direzione del nanotubo, permettendogli di arrivare al rivelatore.
 A destra, illustrazione tridimensionale della canalizzazione del nucleo di un nanotubo colpito dalla Wimp.

Biografia

Gianluca Cavoto è un ricercatore dell’Infn di Roma. Si occupa di fisica sperimentale delle particelle elementari. Lavora a un progetto di manipolazione di fasci di particelle intrappolate in cristalli piegati, finanziato con un *grant* europeo dello European Research Council (Erc).