

» INTERVISTA



COSINUS SI PREPARA ALLA PROSSIMA CACCIA ALLA MATERIA OSCURA

Intervista a Karoline Schäffner, assistant professor del Gran Sasso Science Institute (GSSI) e ricercatrice INFN, vincitrice con il progetto COSINUS di un Max-Planck Research Grant (MPRG) per la ricerca della materia oscura.

Grazie a un Max-Planck Research Grant (MPRG) da 3.115.000 euro, Karoline Schäffner, ricercatrice INFN e assistant professor del GSSI (Gran Sasso Science Institute), dirigerà per i prossimi cinque anni un gruppo di lavoro per ricerche sulla materia oscura ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN. Il Max-Planck Research Grant permetterà alla scienziata di implementare l'esperimento da lei guidato, COSINUS, dedicato alla rivelazione diretta di particelle di materia oscura.

Fisica sperimentale Karoline Schäffner, ha concentrato le sue ricerche sulle astroparticelle, in particolare sulla fisica degli eventi rari e sullo sviluppo di avanzate tecniche di rivelazione criogenica per una nuova generazione di esperimenti per la rivelazione della materia oscura. Nata in Germania e laureatasi alla University of Applied Science di Monaco, ha conseguito il dottorato al Max-Planck Institute for Physics di Monaco e svolto il postdoc ai Laboratori Nazionali dell'INFN al Gran Sasso e al GSSI. Con il MPRG, Karoline Schäffner proseguirà un percorso iniziato nel 2016 con un grant finanziato dall'INFN che le ha permesso di dare vita al progetto COSINUS installato ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Abbiamo chiesto alla scienziata di raccontarci la genesi del suo progetto e le aspettative di sviluppo dopo l'assegnazione del riconoscimento da parte del prestigioso istituto tedesco.

Quella della materia oscura è oggi una delle frontiere più promettenti nel campo della ricerca sulla struttura dell'universo, e allo stesso tempo una delle più insidiose e difficili da abbattere. Che cosa l'ha spinto a indagare in questa difficile direzione?

Fin dagli studi universitari mi sono interessata alla fisica sperimentale, in particolare alla fisica alle basse temperature e ai rivelatori criogenici per applicazioni di fisica delle particelle. Sono sempre stata molto affascinata dal fatto che con delle macchine create dall'uomo, i cosiddetti refrigeratori a diluizione, sia possibile arrivare a temperature molto vicine allo zero assoluto (0 kelvin), ovvero a -273,15 gradi centigradi, una temperatura più bassa della temperatura media dell'universo (che è di circa 2,7 K).

» INTERVISTA

Negli anni '80 inoltre, alla capacità di raggiungere temperature inferiori a 0,01 K (-273,14 °C), si è aggiunto lo sviluppo di rivelatori criogenici in grado di rivelare le interazioni tra particelle con un livello di sensibilità senza precedenti. Da quel momento non è passato molto tempo prima che emergesse l'idea di utilizzare grandi rivelatori criogenici per la ricerca di eventi rari, come il doppio decadimento beta senza neutrini e il decadimento elettronico (come proposto da E. Fiorini e T. O. Niinikoski nel 1983). Ad oggi, i calorimetri criogenici sono molto diffusi nel campo della ricerca di eventi rari e, in particolare, nella rilevazione diretta della materia oscura, una frontiera di grande attualità nel campo della ricerca fondamentale. Si ritiene infatti che nell'universo la materia oscura sia presente in misura cinque volte più abbondante della materia ordinaria: questa evidenza, da sola, è un forte incentivo a indagare e a colmare quel forte gap tra quanto sappiamo e quanto dobbiamo ancora capire del nostro universo. Le particelle elementari che costituiscono la materia ordinaria sono classificate all'interno del quadro teorico che chiamiamo Modello Standard della fisica delle particelle. L'ultima delle 17 particelle che ne fanno parte, il bosone di Higgs, è stata scoperta solo di recente nel 2012 al Large Hadron Collider (LHC) del CERN.

Ma il Modello Standard della fisica delle particelle non è un quadro teorico completamente esauriente in quanto non contiene alcuna particella in grado di spiegare la materia oscura. Di conseguenza, l'esistenza stessa della materia oscura è la manifestazione di una fisica che va oltre il Modello Standard e della quale non sappiamo ancora nulla. Questo spiega l'interesse attuale per questo settore della fisica delle astroparticelle, l'enorme interesse e lo sforzo compiuti dalla comunità dei fisici delle particelle per risolvere questo mistero di lunga data.

Per quanto riguarda il mio percorso personale, quindi, torna tutto nella mia scelta: possiamo costruire questi straordinari rivelatori a bassa temperatura e cercare con questa tecnologia avanzata la materia oscura, uno dei più grandi enigmi della fisica di oggi. È semplicemente fantastico fare parte di una simile avventura.

Qual è la peculiarità dell'esperimento COSINUS rispetto ad altri esperimenti in corso per la ricerca della materia oscura?

A oggi, la maggior parte degli esperimenti nel campo della rivelazione diretta di materia oscura non ha rivelato alcun indizio della presenza di queste particelle. Ma c'è un'eccezione: da circa 20 anni, ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN (LNGS), l'esperimento DAMA/LIBRA osserva un segnale di modulazione annuale che corrisponde, in base alle previsioni teoriche, al segnale atteso dalle particelle di materia oscura nella nostra galassia. Altri esperimenti non riescono a confermare il risultato di DAMA/LIBRA, ma diversi esperimenti utilizzano diversi materiali come rivelatore, e un confronto diretto dei loro risultati è difficile e richiede di tenere in considerazione alcuni presupposti, in particolare sul meccanismo di interazione tra materia oscura e materia ordinaria. L'unico modo completamente indipendente dal modello utilizzato, per

» INTERVISTA

fornire una verifica dei risultati di DAMA/ LIBRA, è l'uso dello stesso materiale come rivelatore, ma in un esperimento diverso. Ed è proprio qui che inizia COSINUS.

In COSINUS stiamo usando lo stesso materiale rivelatore di DAMA/LIBRA, e cioè cristalli scintillanti di ioduro di sodio (NaI). Diversamente da tutti gli altri esperimenti basati su NaI, che sono attualmente in corso per testare il segnale DAMA/LIBRA, COSINUS non farà funzionare i cristalli di NaI come rivelatori di scintillazione pura, rivelatori cioè che acquisiscono il segnale di scintillazione creato dall'interazione tra particelle: COSINUS utilizzerà per la prima volta i cristalli di NaI come rivelatori a scintillazione criogenica a temperature di milli-Kelvin, molto vicino allo zero assoluto. Questa tecnologia è stata inizialmente sviluppata nell'ambito della ricerca sulla materia oscura dell'esperimento CRESST (*Cryogenic Rare Event Search using Superconducting Thermometers*), l'esperimento cui ho lavorato durante la mia tesi di dottorato, che utilizza cristalli CaWO₄ (un materiale chiamato scheelite).

In un simile rivelatore criogenico misuriamo due segnali indipendenti dall'interazione di una particella: il segnale di calore, che fornisce una misurazione precisa del deposito di energia della particella e il segnale di luce di scintillazione emesso simultaneamente. Questa rivelazione a doppio canale ha due importanti vantaggi: in primo luogo, una soglia di energia più bassa rispetto ai rivelatori convenzionali di scintillazione, in particolare per i rinculi nucleari. In secondo luogo, poiché la quantità di luce di scintillazione prodotta dipende dal tipo di particella, possiamo discriminare nel segnale diversi eventi possibili e distinguere, ad esempio, le interazioni della materia oscura da eventi di fondo comuni (particelle beta, gamma, alfa). La possibilità di identificare le particelle è un'opportunità completamente nuova e unica per le ricerche basate sui cristalli NaI. Quindi, in caso di prove positive, COSINUS è anche in grado di dire quale tipo di interazione sta producendo il segnale di materia oscura nel cristallo NaI, e risolvere così la dibattuta interpretazione del segnale misurato da DAMA/LIBRA.

Con il finanziamento che le è stato assegnato, lei potrà dirigere una squadra di lavoro. Come sarà composto il suo team e come pensa di utilizzare i fondi a sua disposizione?

L'idea per il progetto COSINUS è nata inizialmente all'interno dell'INFN. Nell'estate 2015 ho fatto domanda per domanda per un *grant/call* su "Nuove tecniche di rivelazione per futuri esperimenti finalizzati alla rivelazione diretta della Materia Oscura" messa a disposizione dalla Quinta Commissione Nazionale dell'INFN.

La proposta è stata approvata e, a quel punto, l'avventura ha avuto inizio. La concessione INFN (2016-2018) è stata la condizione preliminare per la produzione del primo prototipo di rivelatore di COSINUS. All'inizio lavoravamo al progetto principalmente io, che ho dato il via al progetto, e Florian Reindl, all'epoca post-doc alla sezione INFN di Roma 1 e ora *spokesperson* di COSINUS. Da allora il team si è esteso a circa 15-20 scienziati e dottorandi. I nostri collaboratori provengono dai LNGS, dalle sezioni INFN e le Università

» INTERVISTA

di Milano e Milano Bicocca, da HEPHY e TU, a Vienna, dalla società SICCAS e dal Max-Planck Institute di Monaco, dal gruppo dell'esperimento CRESST. Inoltre, abbiamo ricevuto un supporto eccellente e costante dai servizi di LNGS, ad esempio l'officina meccanica, il dipartimento di chimica, il laboratorio di bassa radioattività e l'amministrazione. Senza il loro forte contributo non saremmo potuti arrivare a un prototipo finale funzionante, che era la condizione propedeutica a tutti i passi successivi.

Dopo aver dimostrato con successo che i cristalli di NaI possono essere utilizzati come rivelatori criogenici, nel 2017 ho fatto domanda al Max-Planck per la costituzione del gruppo di ricerca. Sembrava il percorso ideale per passare da un puro progetto di ricerca e sviluppo a un vero esperimento di fisica. Il finanziamento del Max-Planck ci consentirà di creare un impianto criogenico estremamente radiopuro ai LNGS, necessario per sviluppare un esperimento per la ricerca di materia oscura, un sogno che ora diventa realtà. L'impianto sotterraneo sarà costituito da un grande serbatoio d'acqua per la protezione dal fondo radioattivo naturale e da un criostato di diluizione, una macchina che ci consente di produrre le basse temperature necessarie per far funzionare i nostri rivelatori criogenici NaI.

Inoltre, nell'ambito dello stesso finanziamento, ho la possibilità di costituire il mio piccolo gruppo al Max-Planck-Institute di Monaco, composto da studenti post-dottorato e dottorandi, e da un tecnico per l'assistenza al lavoro sperimentale.

Il Max-Planck Research Grant è di grande rilievo sia per la consistenza del finanziamento sia per l'istituzione che lo ha assegnato. Quali sono, se esistono, gli ingredienti di un percorso di ricerca di successo?

Questa è una domanda difficile e non penso di avere una risposta soddisfacente o una ricetta.

Direi che dal punto di vista personale la cosa più importante è amare il lavoro che si sta facendo, perché anche durante i periodi difficili, quelli in cui le cose non funzionano come dovrebbero, o dove il carico di lavoro è particolarmente elevato, la passione ti aiuta a tenere il passo e ad andare avanti.

Sicuramente è anche molto utile avere l'istinto e la determinazione utili a non mollare mai e riprovare sempre. Nella mia esperienza, questa si è rivelata spesso la migliore strategia per arrivare a raggiungere un nuovo e buon risultato, perché i risultati sono sempre il primo passo e non importa quali passi seguiranno per andare avanti. Inoltre, nel lavoro di ricerca devi essere in grado di motivarti da solo per procedere, nessuno potrà farlo al tuo posto. Ultimi, ma non meno importanti, la creatività e la curiosità sono fattori guida fondamentali per un buon ricercatore sperimentale. Ho avuto modo di apprezzare e capire questi aspetti del mestiere di ricercatore, innanzitutto durante il mio periodo di dottorato nel gruppo CRESST guidato dal Franz Pröbst, al *Max-Planck Institute for Physics* di Monaco (il gruppo CRESST al MPP è guidato

» INTERVISTA

attualmente da Federica Petricca). Guardandomi indietro, riconosco che è stato davvero un periodo molto ricco e inestimabile per quanta esperienza ho acquisito e per quanto ho potuto apprendere sul lavoro di ricerca e la sua metodologia.

Dal lato professionale, lavorare in un istituto o in una università stimolanti e motivanti è sicuramente molto arricchente. Sono stata fortunata a lavorare ai LNGS e al GSSI, due istituzioni che hanno sostenuto le mie idee e mi hanno aiutato ad andare avanti, durante il periodo post-doc. Inoltre, è molto importante avere collaboratori e colleghi forti che condividano la loro esperienza e puntino allo stesso traguardo con grande entusiasmo e costanza.

Per finire, personalmente penso che avere la possibilità di lavorare in ambito scientifico sia davvero un privilegio: sono molto grata di poter continuare a contribuire a questo entusiasmante settore di ricerca sulla rivelazione diretta della materia oscura.

Perché ha scelto l'Italia per dare il via e quindi consolidare il suo percorso di ricerca?

Durante il periodo di dottorato ho avuto la possibilità di trascorrere lunghi periodi ai LNGS per i turni e il lavoro in loco, per la ricerca sulla materia oscura con l'esperimento CRESST. Ho subito il fascino della ricerca, entusiasmante e ricca, che si svolge nei laboratori sotterranei. L'Italia ha una lunga storia nel campo della fisica; la si avverte dall'ottima preparazione degli studenti italiani e dal fatto che i fisici italiani sono presenti in tutti gli istituti di fisica nel mondo.

Durante i miei periodi di studio ai LNGS sono inoltre entrata in contatto con colleghi che lavoravano permanentemente ai LNGS, in particolare con Stefano Pirro, il quale mi ha spiegato che i rivelatori a bassa temperatura sono anche ottimi dispositivi per la ricerca del fenomeno del doppio decadimento beta senza neutrini, un raro decadimento che può aiutarci a dare risposta alle ultime domande aperte sui neutrini. Con l'idea di allargare i miei orizzonti mi sono dedicata così a questo ambito della fisica, che mi consentiva di continuare a lavorare con rivelatori a bassa temperatura. Sono installati ai LNGS alcuni degli esperimenti leader a livello mondiale in questo campo, come GerDA, CUORE e CUPID-O. Stefano Pirro mi ha incoraggiato a fare domanda per una "borsa di studio per stranieri" dell'INFN e ho iniziato così a lavorare all'esperimento Lucifer (*Low-background Underground Cryogenic Installation For Exclusive Rates*), che è frutto a sua volta di un ERC assegnato all'attuale presidente dell'INFN, Fernando Ferroni, e che in seguito è stato rinominato in CUPID-O: un'esperienza dalla quale ho tratto ampio profitto, imparando molto dalla grande competenza delle persone coinvolte. In seguito sono passata GSSI come post-doc e ricercatrice universitaria a tempo determinato (RTD-A) e in questo periodo ho maturato l'idea di COSINUS, e ho fatto i passi che mi hanno portato a questo punto, oggi. ■