

Interviste Newsletter

ALLA SCOPERTA DEI SEGRETI DELL'UNIVERSO: UN NUOVO STRUMENTO PER LA COSMOLOGIA SI AGGIUDICA IL BREAKTHROUGH PRIZE



Intervista a Marko Simonović, ricercatore dell'Università di Firenze e dell'INFN, vincitore del Breakthrough Prize 2024 "New Horizons in Physics"

Marko Simonović, ricercatore dell'Università degli Studi di Firenze e dell'INFN, è stato insignito del *Breakthrough Prize 2024 "New Horizons in Physics"*, per i suoi contributi alla comprensione della struttura su larga scala dell'universo e allo sviluppo di nuovi strumenti per estrarre concetti alla base della fisica fondamentale dalla mappatura delle galassie (*galaxy survey*), insieme a Mikhail Ivanov, ricercatore del MIT, e Oliver Philcox, ricercatore della Columbia University e della Simons Foundation.

I premi *Breakthrough* sono noti anche come gli "Oscar della scienza". In particolare, il premio *New Horizons in Physics* è assegnato a ricercatori promettenti all'inizio della propria carriera che hanno già prodotto lavori influenti. I premi

Breakthrough per la fisica sono stati fondati da Yuri Milner, fisico e ora imprenditore, e sono sovvenzionati da una finanziamento della fondazione creata da Yuri e Julia Milner.

Marko si è recentemente trasferito a Firenze, dopo aver lavorato al CERN, all'*Institute for Advanced Study* di Princeton e alla Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) di Trieste, dove ha conseguito il dottorato. Gli abbiamo chiesto di parlarci dei suoi interessi di ricerca e dei suoi lavori che hanno portato a questo premio di prestigio internazionale.

Quali sono i suoi interessi di ricerca? Su che cosa sta lavorando attualmente?

Sono un cosmologo, quindi i miei interessi riguardano principalmente la cosmologia teorica. Studio le piccole fluttuazioni di densità che osserviamo nell'universo recente o in quello primordiale e cerco di dedurre la storia e la composizione dell'universo da queste osservazioni. Per esempio, nella radiazione cosmica di fondo (CMB), che è la forma più antica di radiazione osservabile con i nostri telescopi, vediamo che la temperatura dell'intero cielo non è perfettamente uniforme: ci sono piccole fluttuazioni nella temperatura della CMB. Quindi, confrontando le osservazioni di alcune proprietà di queste fluttuazioni con i diversi modelli teorici, possiamo capire, ad esempio, che cosa stesse accadendo nell'universo primordiale e che tipo di materia esista nel nostro universo. È così che sono state scoperte molte cose interessanti. Allo stesso modo, quando osserviamo l'universo recente, possiamo notare fluttuazioni nella densità numerica delle galassie nello spazio. Ciò significa che la distribuzione delle galassie nel cielo non è perfettamente uniforme, ci sono delle fluttuazioni nella densità numerica delle galassie e queste fluttuazioni sono simili a quelle osservate nella CMB. Si tratta

sostanzialmente delle stesse fluttuazioni osservate in tempi molto diversi: le fluttuazioni che osserviamo oggi sono la versione evoluta di quelle prime fluttuazioni. È quindi importante studiarle perché contengono molte informazioni sulle proprietà dell'universo. È un po' come quando si lancia un sasso in uno stagno: studiando come si propagano le onde sonore, come si formano e poi si attenuano le increspature nell'acqua, si possono conoscere le proprietà del mezzo, dell'acqua. In conclusione, il mio lavoro ruota principalmente intorno alla formulazione di previsioni teoriche e al confronto con le osservazioni; al momento, sono particolarmente interessato alle fluttuazioni di densità dell'universo recente.

Che cosa si potrebbe scoprire studiando queste fluttuazioni di densità?

Per fare un esempio: se non sapessimo già da altre osservazioni che esiste la materia oscura, potremmo scoprirla osservando le fluttuazioni di densità nelle galassie. Credo che in futuro un obiettivo importante sia quello di studiare la materia oscura in modo più dettagliato di quanto possiamo fare con le osservazioni attuali. In effetti, nuove osservazioni rilevanti sono in arrivo con grandi missioni scientifiche, come il satellite europeo Euclid o il grande programma osservativo statunitense, chiamato DESI. Questi due telescopi raccoglieranno molti nuovi dati che saranno utilizzati per verificare le possibili estensioni del cosiddetto "modello cosmologico Lambda CDM", noto anche come "modello cosmologico standard". Questo è estremamente interessante perché le nuove osservazioni potrebbero portare a nuove scoperte, non ancora raggiungibili con i dati attuali. Ad esempio, potremmo scoprire che nel settore oscuro esistono diversi tipi di particelle di materia oscura, oppure potremmo essere in grado di misurare la somma delle masse dei neutrini utilizzando la cosmologia, un risultato molto spettacolare non conseguibile in laboratorio. Inoltre, questi nuovi dati possono dirci molto sull'inflazione, sull'universo primordiale, sulla cosiddetta "tensione di Hubble" o sull'energia oscura. Questo è un periodo davvero entusiasmante per la cosmologia teorica e osservativa.

Qual è il motivo per cui ha ricevuto il *Breakthrough Prize*? È stato assegnato a una particolare ricerca su cui ha lavorato?

La maggior parte del mio lavoro ha riguardato la descrizione teorica dell'evoluzione delle fluttuazioni della densità numerica delle galassie e il confronto con i dati. Si tratta di un lavoro piuttosto impegnativo, perché a volte lavoriamo con cose che non capiamo bene a piccole scale, come i dettagli della formazione delle galassie. Per questo motivo, insieme a molti altri colleghi, ho lavorato a un approccio popolare nella cosmologia teorica, chiamato "Teoria di campo efficace per strutture a grande scala", in cui possiamo descrivere il comportamento a grandi distanze delle fluttuazioni senza conoscere i dettagli di ciò che accade a scale più piccole, a distanze più brevi. Tuttavia, credo che il motivo particolare per cui il premio è stato assegnato a me, Mikhail Ivanov e Oliver Philcox sia stato il fatto che abbiamo preso gli sviluppi teorici in questo campo, alcuni dei quali realizzati da noi stessi, e siamo stati in grado di dimostrare in modo convincente che tutte queste previsioni teoriche fossero effettivamente abbastanza corrette da poter essere utilizzate nei dati sperimentali. Inoltre, confrontando queste previsioni teoriche con i dati, abbiamo ricavato vincoli cosmologici utilizzando, per la prima volta, le fluttuazioni di densità di cui parlavo prima. In sintesi, credo che abbiamo ottenuto il premio perché abbiamo contribuito agli sviluppi teorici della "Teoria di campo efficace per strutture a grande scala" e abbiamo dimostrato che questa teoria può essere utilizzata con dati reali che portano a vincoli molto interessanti per scoprire nuova fisica.

Che cosa non conosciamo ancora del nostro universo?

Attualmente abbiamo un'ottima comprensione del nostro universo, all'interno del "modello cosmologico Lambda CDM". Questo modello spiega, ad esempio, il meccanismo di generazione delle condizioni iniziali della storia dell'universo (l'inflazione), portando all'universo attuale che è grande, piatto, omogeneo e ha le piccole fluttuazioni di cui ho parlato prima. Abbiamo anche capito che esistono la materia ordinaria, la materia oscura e l'energia oscura. Finora, possiamo sostanzialmente spiegare tutti i fenomeni che osserviamo utilizzando il "modello cosmologico Lambda CDM". Tuttavia, ci sono ancora alcune domande aperte: la materia oscura è composta da più tipi di particelle come la materia ordinaria? Le particelle di materia oscura hanno interazioni a lungo raggio che non sono presenti nel settore visibile? Ci sono processi che non conosciamo ancora che sono avvenuti nell'universo primordiale? Com'è avvenuta l'inflazione? Cercare di rispondere a queste domande con i nuovi dati che arriveranno potrebbe portarci a qualcosa di nuovo o, altrimenti, potrebbe confermare che il nostro universo è semplicemente descritto dal "modello cosmologico Lambda CDM". In questa direzione, il quadro che abbiamo sviluppato potrebbe essere utile perché è uno strumento che ci permette di fare previsioni teoriche e poi di confrontarle con i dati per ogni particolare modello cosmologico. È uno strumento che offre ai cosmologi un mezzo per utilizzare i dati nel modo più ottimale possibile, collegando le previsioni teoriche alle mappature di galassie.

Perché la commissione del *Breakthrough Prize* ha ritenuto la sua ricerca promettente?

Credo che gli strumenti che abbiamo sviluppato siano qualcosa che la comunità aspettava da tempo. Ritengo che il comitato ne abbia riconosciuto l'importanza per due motivi. Il primo è che nei prossimi due anni arriverà un'enorme quantità di nuovi dati, e il secondo è che questi strumenti saranno in grado di mostrarci molto di più di quello che sappiamo al momento. Inoltre, i nostri articoli hanno ricevuto molta attenzione da parte dell'intera comunità e le persone stanno già utilizzando i nostri strumenti.

Dato che ha menzionato il fatto che i vostri articoli hanno già molte citazioni e che la comunità sta usando gli strumenti che avete sviluppato, si aspettava di vincere un premio del genere?

Di solito questo premio è assegnato soprattutto per quello che viene definito un piccolo passo avanti nella fisica teorica. Finora è andato soprattutto a persone che hanno contribuito maggiormente alla teoria delle alte energie, mentre noi lavoriamo in un campo che si colloca tra l'astrofisica e la fisica teorica. In questo senso, questo premio è stato un po' una sorpresa. Tuttavia, credo che sapessimo fin dall'inizio che questo lavoro, a prescindere dal premio o meno, fosse importante. Eravamo consapevoli del suo valore.

Ci sarà una cerimonia di premiazione?

Sì, questo premio è assegnato dalla Fondazione Milner. Yuri Milner è un ex fisico diventato imprenditore che ha deciso di sostenere la ricerca fondamentale. Ogni anno questa fondazione organizza una cerimonia molto bella in cui vengono assegnati i premi. È simile alla cerimonia degli Oscar, con molte star del cinema, cantanti e altre celebrità, e viene trasmessa in diretta dalla televisione pubblica statunitense. È una cerimonia molto speciale e quest'anno si terrà in aprile, a Los Angeles, e sarà seguita da un simposio che dura un paio di giorni. È davvero un grande evento concepito per portare l'attenzione sulla scienza e sui più recenti sviluppi teorici della fisica, un'occasione per mettere la fisica al centro dell'attenzione di un pubblico più ampio per un paio di giorni.

A livello personale, che cosa significa per lei aver ricevuto un premio di questa portata? Come si è sentito quando ha ricevuto la notizia?

Mi ha fatto piacere perché ho molto rispetto per le persone che sono state vincitrici in passato e che siedono in questa commissione, e sono stato molto contento che abbiano riconosciuto che questo lavoro fosse degno di vincere il premio. È stato come ricevere l'approvazione di persone di cui si ha una grande stima e che consideriamo importanti. Significa davvero molto. Al di là della soddisfazione personale, penso anche che questo premio sia utile per la comunità più ampia della cosmologia. Come ho detto, lavoriamo sempre all'intersezione tra astrofisica e fisica teorica, e non apparteniamo mai del tutto a nessuno dei due settori, e il nostro è un campo che di solito non riceve molta attenzione. Quindi, credo che questo tipo di premio dia anche un po' di visibilità ai miei colleghi e che sia stato un premio anche per la comunità, non solo per noi.

Le piacerebbe restare in Italia e a Firenze?

Firenze ha un'ottima università e ci sono molte altre università eccellenti nelle vicinanze, a Pisa, Roma, Bologna, Parma o Milano, dove ho potenziali collaboratori. È molto facile per me prendere un treno e andare a parlare con loro. In generale, in questa parte d'Europa e in Italia, ci sono molte persone che lavorano nel mio campo di ricerca. Dal punto di vista professionale, è un buon posto dove stare. Inoltre, il *Galileo Galilei Institute (GGI)* di Firenze è davvero una risorsa straordinaria perché sta diventando uno dei punti di riferimento per la comunità internazionale della fisica teorica e ha molte scuole e *workshop* eccellenti che richiamano ricercatori e ricercatrici, dottorande e dottorandi da tutto il mondo. Qui a Firenze non ci si sente mai isolati.