

# Interviste Newsletter

## EUCLID E LA GEOMETRIA DELL'UNIVERSO



Il 31 luglio, a poco meno di un mese dal suo lancio, dopo un viaggio che lo ha portato a raggiungere la sua destinazione operativa nel punto lagrangiano L2, a 1,5 milioni di chilometri dalla Terra, il telescopio spaziale Euclid dell'Agenzia Spaziale Europea, dedicato allo studio della geometria e dell'espansione dell'universo, ha fornito le prime suggestive immagini. Frutto di una collaborazione internazionale, Euclid vede un fondamentale contributo dell'Italia, attraverso l'Agenzia Spaziale

Italiana (ASI), l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e l'INFN. Il nostro paese, insieme alla Francia, è infatti alla guida del consorzio scientifico, composto da oltre duemila ricercatori e ricercatrici, responsabile della realizzazione del telescopio e delle analisi scientifiche che saranno svolte sulla base delle osservazioni che Euclid effettuerà nei prossimi sei anni. Le osservazioni riguarderanno un elevato numero di galassie, corrispondenti a circa un terzo del cielo, e serviranno a mappare la loro distanza e distribuzione e, così facendo, a contribuire alla comprensione di come energia oscura e materia oscura abbiano influenzato l'evoluzione dell'universo.

Pur essendo una missione dedicata prevalentemente a indagare i grandi problemi ancora aperti nella cosmologia contemporanea, quali per l'appunto la natura di energia oscura e materia oscura, che da sole rappresentano il quasi 95% dell'universo, Euclid, che promette altresì con i suoi risultati di influenzare un vasto numero di ambiti di ricerca, potrà fornire informazioni fondamentali anche nel campo della fisica delle particelle e della fisica fondamentale, in particolare per lo studio della gravità, andando a escludere possibili candidati per la materia oscura o a individuare eventuali fenomeni gravitazionali in disaccordo con le previsioni della Relatività Generale di Albert Einstein. Il contributo dell'INFN, che è stato impegnato in prima linea nella fase di realizzazione e integrazione del telescopio e che collaborerà all'analisi dati e fornirà anche risorse di calcolo, è rappresentato da un numeroso gruppo di ricercatrici e ricercatori, coordinati da Luca Stanco, ricercatore della Sezione INFN di Padova.

### **Com'è nata l'idea di un telescopio spaziale che studiasse l'evoluzione dell'universo e la sua componente oscura?**

L'idea di una missione per lo studio della componente oscura dell'universo può in qualche modo essere fatta risalire alle scoperte effettuate nel 1998 dal telescopio spaziale Hubble, le cui osservazioni resero evidente come la velocità di allontanamento di una particolare classe di supernovae, utilizzate come riferimenti in virtù della loro costante luminosità, fosse aumentata nel corso della vita dell'universo. Questa scoperta incredibile e del tutto inaspettata, perché andava contro tutte le conoscenze cosmologiche all'epoca ritenute ormai assodate, era compatibile con la presenza di una componente estremante diffusa di energia ancora ignota, che

avrebbe dovuto rappresentare circa il 70% di tutto l'universo, in grado di giustificare l'espansione accelerata di quest'ultimo. Una ipotesi che ha richiesto circa dieci anni per essere metabolizzata dalla comunità scientifica e che tuttavia risultò confermata da ulteriori evidenze. Sono proprio le riflessioni e i tentativi di indagare la distribuzione e la natura di questa componente oscura dell'universo che hanno portato all'elaborazione di due progetti spaziali, nominati DUNE, Dark Universe Explorer, e SPACE, di cui sono stati rispettivamente artefici e promotori gruppi di ricerca francesi e italiani.

### **Come si arriva a Euclid? E come l'Italia e l'INFN entrano a farvi parte?**

Alla fine del 2010, grazie a una call lanciata nell'ambito del programma Horizon 2020, è stato possibile accorpate le due proposte DUNE e SPACE, che sono confluite in un'unica e più estesa missione, formalizzata e selezionata nel 2012 dall'Agenzia Spaziale Europea, a cui è stato dato il nome di Euclid. Un nome che non emerge da un acronimo, ma che è stato individuato per rendere omaggio al padre fondatore della geometria, il matematico greco Euclide, avendo la missione lo scopo principale di comprendere le ragioni alla base della geometria dell'universo. Nel decennio successivo il progetto ha poi preso forma per lo più attraverso i principali contributi forniti dalle due nazioni proponenti, ovvero Francia e Italia, inizialmente rappresentata dall'Agenzia Spaziale Italiana, in quanto ente di coordinamento delle attività spaziali del nostro paese. L'INFN, la cui missione, ovvero lo studio dei componenti fondamentali dell'universo, si sovrappone a quella di Euclid, è quindi entrato nel 2015 a far parte del consorzio scientifico Euclid, che si era costituito nel frattempo, in forte sinergia con l'INAF.

### **Quali sono le caratteristiche di Euclid e qual è il suo obiettivo?**

Euclid è un telescopio spaziale in grado di effettuare misure sia nello spettro del visibile, grazie a uno degli strumenti con cui è equipaggiato, VIS, sia in quello del vicino infrarosso, tramite il rivelatore NISP. Entrambi gli strumenti, che ricevono la luce in queste diverse lunghezze d'onda grazie un'enorme quantità di pixel, 600 milioni per VIS e 63 milioni per NISP, dovranno misurare la geometria dell'universo. Ciò sarà fatto attraverso un approccio che potremmo definire di 'forza bruta', perché nei prossimi sei anni Euclid mapperà un'enorme quantità di galassie, fornendo una descrizione accurata di circa un terzo della struttura dell'intero l'universo. In questo modo, la missione potrà contribuire a fare luce sulle cause che hanno determinato la geometria dell'universo, andando a integrare e rendendo più accurato l'attuale modello cosmologico attraverso nuove informazioni sulla natura dell'energia oscura. Quest'ultima, stando agli attuali modelli, potrebbe essere costituita da un campo quantistico di tipo nuovo, oppure potrebbe dipendere da variazioni del campo gravitazionale così come descritto dalla teoria delle Relatività Generale, o ancora essere associata al valore della costante cosmologica, che stabilisce il tasso di espansione dell'universo, sul cui effettivo valore oggi permangono ancora dubbi e differenze in base alle diverse tecniche di misura utilizzate per determinarla. Misurando miliardi di galassie, Euclid potrebbe dare indicazioni sulla possibile origine dell'energia oscura, la cui presenza non può ovviamente essere analizzata trascurando la materia oscura, l'altra componente oscura dell'universo, perché ugualmente coinvolta nell'evoluzione e nella struttura dell'universo. Inoltre, è da sottolineare l'importanza delle misure cosmologiche che saranno prodotte da Euclid per la fisica delle particelle e, in particolare, per i vincoli che saranno ottenuti sulle masse dei neutrini, e il loro ordinamento. La cosmologia può infatti contribuire molto alla comprensione delle proprietà dei neutrini, attraverso modalità differenti rispetto a quelle cui è abituato l'INFN, ovvero le esperienze sperimentali di misura diretta condotte tramite rivelatori sulla Terra. La missione Planck ha dimostrato che è possibile dedurre caratteristiche fondamentali dei neutrini nell'ambito di modelli cosmologici consolidati. Euclid, quindi, sia testando i modelli cosmologici, sia

umentando enormemente la precisione delle misure su massa e numero dei neutrini, sarà in una posizione privilegiata per mettere alla prova le misure in laboratorio.

### **Quali sono i fenomeni e le proprietà cosmologiche che Euclid indagherà?**

Per determinare la struttura e l'espansione dell'universo, Euclid si concentrerà su due aspetti principali: l'effetto weak lensing e il galaxy clustering. Il primo è il fenomeno di distorsione della forma delle galassie osservate a causa dell'azione gravitazionale esercitata da masse vicine o dalla presenza di materia oscura, mentre il secondo riguarda la posizione degli ammassi di galassie nello spazio tridimensionale. Queste due osservabili saranno studiate attraverso la misura della forma delle galassie, che sarà effettuata grazie a osservazioni nella banda visibile da VIS, e la misura della distanza delle galassie stesse, definita a partire dallo spostamento verso il rosso, redshift, degli spettri da loro emessi, analizzato da NISP. Euclid fornirà indicazioni utili a ricostruire la distribuzione di materia oscura nelle varie fasi di vita dell'universo grazie all'osservazione del weak lensing su larga scala e, grazie alla misura dello spettro delle galassie, informazioni su quanto esse siano antiche e quindi sulle precedenti fasi dell'evoluzione dell'universo.

### **In che modo l'INFN ha contribuito alla fase di sviluppo e realizzazione del telescopio e quali sono state le strutture coinvolte?**

L'INFN ha contribuito alla realizzazione di Euclid mettendo a disposizione le proprie esperienze e le competenze specifiche, attraverso il coinvolgimento di circa 70 ricercatrici e ricercatori provenienti dalle Sezioni di Bologna, Ferrara, Genova, Lecce, Milano, Padova, Roma e Torino. L'INFN ha curato tutto l'aspetto relativo all'elettronica di bordo del telescopio, per poi occuparsi anche di attività più ampie, quali i test di integrazione e di messa in funzione del progetto a terra. Nello specifico, l'INFN è stato responsabile della cosiddetta 'warm electronics' del rivelatore NISP e delle verifiche del funzionamento di due oggetti specifici, la Data Processing Unit (DPU) e la Instrument Control Unit (ICU). Nella fase operativa di raccolta dati, l'INFN parteciperà alla produzione e analisi dei dati scientifici, anche fornendo alla componente italiana della missione parte delle risorse di calcolo necessarie per l'analisi e per le simulazioni dei risultati scientifici che saranno ottenuti.

### **Dopo le prime immagini di Euclid rilasciate a fine luglio e le tempistiche previste per l'inizio della presa dati?**

Euclid ha completato la normale fase di commissioning, dedicata alla verifica del corretto funzionamento dei sistemi di bordo del telescopio. Una fase che è durata qualche giorno più del previsto per un inconveniente che comporta una semplice riprogrammazione della campagna osservativa senza inficiare l'acquisizione dati, come dimostrano anche le suggestive immagini già trasmesse durante la parte finale del viaggio di Euclid verso la sua posizione di osservazione nel punto lagrangiano L2. Successivamente al commissioning, avrebbe dovuto prendere il via la fase di verifica della bontà dei risultati scientifici (Performance Verification), della durata di circa un mese, durante la quale vengono svolti i controlli e le calibrazioni dei due strumenti VIS e NISP, con la produzione di immagini per determinare le effettive capacità dei due rivelatori. Questa fase è stata posticipata verso fine settembre per un problema software nel puntamento di guida del satellite, riallocando Euclid in commissioning in attesa che il problema venga risolto. La fase di presa dati vera e propria dovrebbe perciò iniziare verso dicembre.