

VIAGGIO AI CONFINI  
DELL'UNIVERSO E RITORNO:  
IMMAGINARIO E REALTÀ  
NEL CAMMINO DELLA  
COSMOLOGIA

*Quarta Lezione*

*Prof Paolo Spera*

## ***L'EVOLUZIONE DELLA COSMOLOGIA FINO AI GIORNI NOSTRI***

Nella prima lezione del nostro corso abbiamo osservato gli inizi e le trasformazioni nel percorso delle conoscenze astronomiche fino ad arrivare alla rivoluzione astronomica del XVII secolo. Oggi affronteremo alcune fra le tappe più importanti che sono accadute nei 400 anni circa che ci portano alla attualità. In questo spazio di tempo la sete del sapere e la tenacia dell'essere umano hanno condotto a delle grandi trasformazioni del pensiero paragonabili alla rivoluzione astronomica del 1600! L'attuale visione dell'Universo è comunque del tutto provvisoria e mai definitiva visto che il processo della conoscenza è soggetto a continui mutamenti man mano che nuove osservazioni e scoperte sopraggiungono a modificare le condizioni preesistenti.

# DOMANDE FONDAMENTALI

Per poter affrontare in modo sintetico il tema di oggi ci porremo alcune domande chiave cui cercheremo di dare una risposta:

- 1) Da cosa è fatto l'Universo?
- 2) Qual'è la dimensione e la struttura dell'Universo?
- 3) Quale è stata la genesi dell'Universo e quale sarà il suo futuro?

# DA COSA E' FATTO L'UNIVERSO?

Per quanto ne sappiamo l'Universo è formato da circa il 75% di protoni (nuclei di Idrogeno) e la restante parte da nuclei di Elio. In quantità del tutto irrisoria sono presenti gli altri elementi della Tavola Periodica che si sono formati, come abbiamo visto la volta scorsa, durante le fasi finali dell'evoluzione delle stelle. Ciò che colpisce maggiormente, però, è che questi elementi sono distribuiti in uno spazio immenso. Ne consegue che l'Universo è praticamente vuoto. Per avere una idea di che cosa sia questo vuoto dobbiamo considerare che la densità media dell'Universo è di pochi nuclei di Idrogeno per metro cubo di cosmo!! Praticamente nulla!! La densità critica per poter comprendere la sua evoluzione viene indicata in 3 protoni per metro cubo!

Ciò che fondamentale rimarcare di questa faccenda è che il vuoto in realtà non esiste. Il vuoto veniva indicato dalla civiltà greca come il nulla e cioè la totale assenza di materia e di energia. Questa idea del vuoto è stata completamente abbandonata grazie alle scoperte degli ultimi cinquant'anni. Il vuoto è in realtà riempito da forme di materia ed energia ancora poco conosciute che ci rimandano alla meccanica quantistica. L'infinitamente piccolo (struttura quantistica) e l'infinitamente grande (Universo omogeneo) sono molto più vicine di quanto si possa pensare: un punto di incontro è il vuoto! Un esempio concreto che ci mostra quanto siano vicine le due dimensioni descritte sono gli esperimenti svolti al CERN di Ginevra: nel vuoto si scompongono le particelle atomiche per studiare le subparticelle cioè i mattoni della materia, quelli che si formarono nei primi istanti della nascita dell'Universo. L'ultima straordinaria conquista è stata l'osservazione del Bosone di Higgs!

# UN LUOGO MOLTO INOSPITALE

Se abbandonassimo la nostra Terra, con il guscio caldo dell'atmosfera e del campo magnetico che ci proteggono dalle radiazioni nocive, che cosa troveremmo? Innanzitutto una temperatura di 2,7 K, cioè di 270 gradi centigradi sotto lo zero! Questa è la temperatura dell'Universo misurata in tutte le sue parti! Poi saremmo subito sopraffatti dai raggi cosmici: radiazioni gamma, raggi X, UV, microonde, cioè tutte le radiazioni dello spettro elettromagnetico. Questi sono dei dati consolidati da tantissime osservazioni e misure. In particolare la temperatura risulta sempre la stessa in qualsiasi angolo dell'Universo si guardi! Per questo viene definita radiazione cosmica di fondo o (più dettagliatamente) fondo cosmico di radiazione a microonde (*Cosmic Microwave Background, Cmb*). Essa non è altro che il residuo, ciò che è rimasto di un Universo caldissimo nato 13,8 miliardi di anni fa!

## QUAL'E' LA DIMENSIONE E LA STRUTTURA DELL'UNIVERSO?

Solo nel corso del XIX e XX secolo si è potuta concepire l'immensa vastità del cosmo. Le caratteristiche fondamentali della attuale visione dell'Universo sono queste: un Universo in espansione che ha raggiunto una dimensione di 13,8 miliardi di anni luce. L'espansione sta accelerando a causa della presenza dell'energia oscura. L'inflazione (rigonfiamento da una piccolissima bolla primordiale) deriva dall'evento iniziale chiamato Big Bang. L'Universo è omogeneo ed isotropo. Nella nostra galassia, la Via Lattea, si stima la presenza di duecento miliardi di stelle. Nell'Universo si stima la presenza di centinaia di miliardi di galassie.

# ALCUNE TAPPE DI SCONVOLGENTI SCOPERTE

Nel 1927 Georges Lemaitre ha 33 anni. E' un prete cattolico laureato in Astronomia a Cambridge e sta terminando il suo PhD al MIT. E' fra i primi a capire che con le equazioni di Einstein si possa descrivere anche un Universo dinamico, un sistema in espansione il cui raggio cresce nel tempo. Quando presenta la sua idea allo stesso Einstein ne riceve una risposta shockkante: "I vostri calcoli sono corretti ma la vostra fisica è abominevole!" A quell'epoca siamo ancora in presenza di un pregiudizio millenario che vede un Universo perfetto, eterno ed immutabile: siamo ancora all'armonia degli antichi greci! Persino una mente come quella di Einstein rifiuta l'idea che esso possa espandersi e che pertanto tutto abbia avuto un inizio! Ci vorranno anni di discussioni e scontri feroci prima che questa novità straordinaria si affermi tra gli scienziati.



# EDUCAZIONE ALLA CONOSCENZA

Fermiamoci un attimo su questo accadimento di circa un secolo fa! Lo potremmo commentare attraverso le parole di Carlo Rovelli il quale, nel libro "Che cos'è la Scienza. La rivoluzione di Anassimandro" recita testualmente: "Oggi sappiamo che se osservazione e ragione sono i nostri utensili migliori per conoscere, tuttavia né l'osservazione pura né la ragione pura fondano un sapere certo. Non esistono dati empirici puri sul mondo a cui appoggiare tutto, perché ogni percezione è pesantemente strutturata dal nostro cervello, dal nostro pensiero e dai nostri pregiudizi". Ecco perché è sempre bene dubitare nel momento in cui delle semplici ipotesi ci vengono proposte come certezze e verità assolute. E questo anche da personaggi che svettano come prime stelle nel panorama della Scienza attuale! Uno scienziato vero si porrà sempre in termini di scoperte come scoperte relative ad un contesto o ad un momento storico. Direi che il dubbio, la provvisorietà, l'accoglienza del nuovo senza paure, rappresentano la metodologia portante della scienza moderna che è una scienza del mutamento!

# ***EFFETTO DOPPLER-FIZEAU E RED SHIFT***

Ed ora, dopo questa importante considerazione, torniamo al nostro Lemaitre, il quale non si perse certo d'animo dopo la reprimenda di Einstein. In quegli anni gli astronomi avevano imparato a misurare con quale velocità si muovessero i corpi celesti luminosi attraverso l'effetto Doppler. Lo stesso effetto che tutti abbiamo sperimentato rispetto ad una fonte acustica in movimento come una ambulanza o un aereo. Questo fenomeno avviene anche per le onde luminose. Lo spettro delle frequenze luminose delle stelle e galassie osservate si sposta verso il rosso. Lo spostamento verso il rosso è proprio per questo definito come red shift. Lo spostamento verso il rosso indica un allontanamento delle galassie.

# IL BIG BANG

Il contributo fondamentale alle intuizioni di Lemaitre venne da Edwin Hubble il quale lavorava all'epoca all'osservatorio di Monte Wilson in California. Hubble aveva a disposizione il telescopio più potente al mondo. Grazie allo studio di stelle variabili come le Cefeidi egli riuscì a misurare la luminosità apparente e quella assoluta. Da questi parametri calcolò la distanza dei corpi luminosi. La previsione di Lemaitre che la velocità di allontanamento delle galassie fosse funzione della distanza veniva confermata. Ci sono voluti quasi cento anni perché il lavoro di Lemaitre venisse riconosciuto. Oggi, finalmente, la legge che regola la dinamicità dell'Universo si chiama Legge di Hubble-Lemaitre. Essa, assieme alla radiazione cosmica di fondo, scoperta nel 1964 da Arno Penzias e Robert Wilson, rappresenta le fondamenta che sorreggono la teoria del Big Bang.

## **QUALE E' STATA LA GENESI DELL'UNIVERSO E QUALE SARA' IL SUO FUTURO?**

La teoria del Big Bang è ormai ampiamente accettata ma fin da subito era del tutto manifesto il suo punto debole: che cosa è la cosiddetta singolarità, cioè quel granello microscopico a densità ed energia infinita da cui si è originato il tutto? (e cioè la materia ed altra energia). Un quesito non da poco che per numerosi decenni ha tormentato le menti degli astronomi. Le scoperte sul vuoto cosmico e le nuove particelle come il bosone di Higgs hanno permesso di dare spazio a nuove visioni dell'Universo. Una scoperta fondamentale è stata la presenza di antimateria nell'Universo. Nel vuoto è presente sia materia che antimateria che, venendo a contatto danno un lampo di luce e annichilendosi in energia pura. L'antimateria era presente nei primi attimi del Big Bang ma poi, per una perdita di simmetria si è nascosta nei meandri delle particelle elementari. Immaginate la simmetria come una serie di numeri positivi e negativi. Quando li sommo tutti (ognuno col suo corrispettivo) ho come somma sempre zero. Lo zero rappresenterebbe l'energia pura. La perdita di simmetria nell'Universo iniziale ha permesso la nascita della materia di cui siamo circondati sulla Terra.

# VERSO L'IGNOTO

Con le ultime cose scritte mi rendo conto quanto sia difficile comunicare su un tema che viene descritto da sempre con dei termini specialistici di cui i più ostici appartengono alla fisica quantistica. Andare verso l'ignoto però è necessario e per far ciò dobbiamo abbandonare il pensiero logico che da sempre ci ha accompagnato. Nell'Universo tutto è possibile! Come si spiega che in tutte le parti dell'Universo indagate sia sempre stata trovata la stessa temperatura? La ricordo, di meno  $270^{\circ}$  C! Prima dell'inflazione cosmica nella minuscola bollicina tutte le parti erano in contatto fra loro, si potevano scambiare informazioni ed avevano tutte le stesse proprietà. L'espansione propaga questa omogeneità su scala cosmica e la fa diventare proprietà generale dell'Universo! Il ricordo e la fedeltà alla propria origine sono stati mantenuti! Non è forse stupefacente? L'Lhc (Large Hadron Collider) di Ginevra ha avuto un ruolo fondamentale per poter farci concepire una nuova visione dell'Universo che va oltre la teoria classica del Big Bang.

Attraverso scontri titanici fra particelle che hanno una massa, come i protoni, si è riusciti a riprodurre quale dovesse essere la composizione dell'Universo nei suoi primi istanti. E' come ritornare con la moviola all'inizio dello spazio e del tempo! Secondo questa nuova visione l'Universo è sempre esistito, placido e tranquillo dalla notte dei tempi, formato di piccolissime bolle dove la simmetria regnava. Poi è avvenuto un qualcosa che ha rotto l'incantesimo di una di queste piccolissime bolle che ha trasmesso il suo sconquasso alle bolle vicine fino ad arrivare a quel nucleo da cui si è prodotto il Big Bang. Prima energia poi materia. Pensate che la luce si è prodotta solamente quando l'Universo era già enorme, della dimensione di cento milioni di anni luce! Prima di allora era il regno del buio... Come il buio sarà la fine dell'Universo. Stelle e galassie si allontaneranno sempre di più, il nostro cielo sbiadirà in una luce sempre più tenue... ma non vi impressionate, avverrà fra qualche miliardo di anni!!

# L'UNIVERSO IN UN POEMA FILOSOFICO

"Come fu che da un cieco accozzo di atomi nacque la terra e il cielo e il mare profondo e il sole e la luna e il loro cammino adesso ti spiego.

Gli atomi certo non si disposero in ordine né per volere né per fisso disegno né s'accordaron fra loro sui moti, che avrebbero ciascuno impresso al suo corso.

Ma in mille maniere da tempo infinito muovendosi, gli atomi urtati da colpi e spinti e portati dallo stesso lor peso, in mille maniere si unirono tentando, aggruppati, forme di vita: accadde così che agitati nel tempo, provando ogni specie di incontro e di moto, pervennero infinite a quel nesso improvviso, a questa che fu la materia dei mondi, cioè della terra e del mare e del cielo e del genere umano e animale.

Il disco solare che incendia volando lo spazio prima d'allora non c'era. Il mare il cielo la terra l'aria le stelle non c'erano: neppure una cosa di queste che sono nel mondo.

Ma un turbine informe batteva il vuoto degli atomi, ne urtava l'intreccio i colpi i pesi i moti compatti: come guerra discorde corpi sbandati mischiava chiudeva le soste le vie a impossibili eventi: finché da quel turbine irruppe una massa distinta e il mondo si aperse:

il cielo si alzò sulla terra, il mare si estese disciolto dagli atomi d'acqua, i fuochi fissarono in alto i muti splendori"

"De Rerum Natura" Tito Lucrezio Caro (I sec. a. C.), libro V, versi 416-448