

E le stelle stanno a guardare?

Sull'onda dell'interesse di diversi allievi e docenti la nostra redazione ha avuto la fortuna di dialogare con l'astrofisico Giuseppe Galletta, con il quale è nato un incontro stimolante e ricco di suggestioni. Buchi neri, pianeti, *loop* temporali, formazione di galassie, scelte di vita personali sono solo alcuni dei temi che hanno caratterizzato il confronto avvenuto via *web*. Riportiamo qui soprattutto le risposte inerenti alla tematica del tempo. Per la biografia e l'intervista completa rimandiamo i lettori al codice QR che trovate in calce.

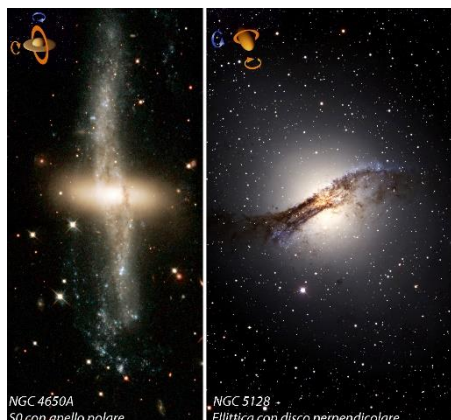
Ci dice qualcosa della sua infanzia, della sua famiglia e del luogo dove è nato?

Io sono nato in Sicilia, a Messina, molti anni fa, nel 1954. Pensate, forse neanche i vostri professori erano nati all'epoca!

Fin da piccolo ero appassionato di Astronomia e stavo sul balcone con un binocolo a guardare un po' gli oggetti astronomici. Disegnavo carte delle costellazioni e ho sempre voluto fare l'astronomo. Non sapevo però che a Padova ci fosse un corso di laurea in Astronomia, che è stato il primo in Italia e che permetteva di laurearsi solo ed esclusivamente in questa disciplina.

Ho iniziato a fare l'università facendo Fisica a Pisa per un paio d'anni, ma poi un professore di Astrofisica mi ha detto: "Lei vuole fare l'astronomo sperimentale, cioè, uno di quelli che osserva e fa esperimenti? Qui siamo tutti teorici, facciamo solo calcoli, calcoli e calcoli; se lei è uno sperimentale vada all'Università di Padova". Così mi sono trasferito in questa città.

A Padova ho trovato l'ambiente molto stimolante, mi sono laureato quando



avevo 21 anni e ho cominciato subito a insegnare e far ricerca. Facendo concorsi dopo concorsi ho lavorato nel Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), poi agli osservatori astronomici e infine, nel 1986, sono diventato professore di Astronomia all'Università di Padova, insegnando per alcuni mesi anche a Milano. Ho fatto diverse ricerche e diverse osservazioni.

Ho avuto il piacere e la fortuna di utilizzare i più grandi telescopi del mondo: il 4 m australiano, i telescopi europei che sono nel deserto di Atacama, in Cile, a 2400 m di altezza, il telescopio italiano presente alle Canarie e altri telescopi inglesi e spagnoli. Fra le scoperte più interessanti alcune riguardano le galassie: è stato infatti dimostrato che alcune galassie fatte solo di stelle non sono dei dischi, come la Via Lattea, ma sono allungate. In gergo tecnico vengono chiamate "triassiali", ossia con tre assi disuguali. Abbiamo inoltre scoperto che alcune di queste galassie avevano degli anelli di gas che passavano sopra i poli, detti *anelli polari*. In una galassia con disco ho anche scoperto un altro fenomeno chiamato "controrotazione" del gas. Oggi sappiamo che ci sono molte galassie di questo tipo, in cui il gas invece di girare insieme alle stelle nello stesso senso, come nella Via Lattea, gira in senso opposto. Tutti questi sono stati dei grandi risultati e gli astronomi di Padova erano e sono famosi in tutto il mondo.

Come è nata la passione per l'Astronomia?

La passione, come vi dicevo, mi è arrivata quand'ero ragazzino. Stavo ore al balcone o salivo in terrazza con un binocolo a guardare la Luna, i pianeti e le stelle. La passione è nata già dalle elementari quando leggevo libri sulle stelle e disegnavo delle mappe delle costellazioni.

Qual è il suo lavoro attuale?

Adesso ho 72 anni e sono in pensione, quindi il mio lavoro attuale è essenzialmente fare divulgazione astronomica, cioè scrivere articoli, fare conferenze, scrivere libri di divulgazione. Quand'ero ancora all'Università, il mio lavoro consisteva nel risolvere le questioni ancora aperte, studiare i lavori che erano già in atto, capire che cosa si fosse scoperto e cosa si potesse ancora scoprire, per poi passare ad osservare questi fenomeni con i grandi telescopi.

Inizialmente c'erano i telescopi a terra: per poterli utilizzare venivano fatti dei bandi ogni sei mesi; si doveva spiegare che cosa si voleva studiare (per esempio le galassie con anelli polari che non si sapeva ancora come ruotassero) e si davano tutte le specifiche dell'esperimento.

Con l'avvento dei telescopi spaziali era inoltre necessario fornire anche dati relativi alla posizione, all'angolo e a qualunque altra caratteristica perché, una volta inviato il programma nello spazio, non sarebbe più stato possibile modificare idea o impostazioni.

Dopo le numerose osservazioni, i dati raccolti venivano pubblicati in una rivista internazionale.

Questo è il lavoro di tutti i ricercatori, sia dell'Università che degli Osservatori astronomici, ma in generale di tutte le scienze, anche dei biologi, dei geologi o fisici, e così via.

Essendo all'Università dovevo però anche insegnare!

Ho infatti insegnato Astronomia agli studenti di Scienze Naturali; spiegavo l'Astronomia in generale, dai pianeti fino alla cosmologia e insegnavo anche Astrobiologia, cioè la ricerca di vita nello spazio.

Astrobiologia era un corso libero, in cui avevo studenti astronomi, naturalisti, biologi e persino archeologi, cioè tutti gli studenti a cui poteva interessare l'esistenza della vita extraterrestre oppure no. Ho fatto anche delle esercitazioni di Fisica ai farmacisti e altri corsi.

Insomma, bisognava insegnare e contemporaneamente fare ricerca, viaggiare moltissimo perché, come detto, i telescopi sono in posti bellissimi, ma molto lontani -in Australia, alle Canarie, in Cile - e sono di solito nei deserti o su vulcani spenti o nelle foreste a 2000 m di altezza, proprio per non avere la luce delle città e un cielo limpido con una meravigliosa Via Lattea.

Ha scritto qualche libro divulgativo? Di che cosa tratta?

Ho scritto diversi libri divulgativi, per esempio *Cosmos* diversi anni fa, nel 2009 e nel 2017, poiché la scienza si rinnova velocemente e le cose da spiegare possono cambiare. Nel 2005 e nel 2021 ho scritto due libri di Astrobiologia, parlando della ricerca di vita nello spazio e delle sue declinazioni, cioè dal punto di vista della Filosofia, della Letteratura, del Cinema, delle comunicazioni radio con extraterrestri, della Biologia e della Geologia. L'ultimo libro che ho pubblicato nel 2025 si intitola "*Schizzi di Cosmologia*" ed è un libro per "ignoranti" di Astronomia. I contenuti prendono spunto dalle curiosità di alcuni miei amici che nella vita si occupano d'altro e che mi chiedevano curiosità su cosa ci fosse prima del *Big Bang*, se il tempo e lo spazio siano legati e tanto altro ancora! Ho quindi

fatto questo manualetto semplice, semplice, in cui viene spiegato ogni argomento. Alla fine del capitolo c'è una parte chiamata "cosa abbiamo imparato" che riassume i contenuti principali e alla fine del libro c'è un riassunto generale.

I miei sono libri divulgativi, per tutti, ragazzi o adulti, ma chiaramente delle conoscenze di base occorre averle. Forse voi siete ancora troppo giovani, ma magari tra qualche anno, quando avrete studiato un po' come sono fatti il sistema solare e l'Universo, potrete leggerli anche voi.

Le galassie continuano ad espandersi?

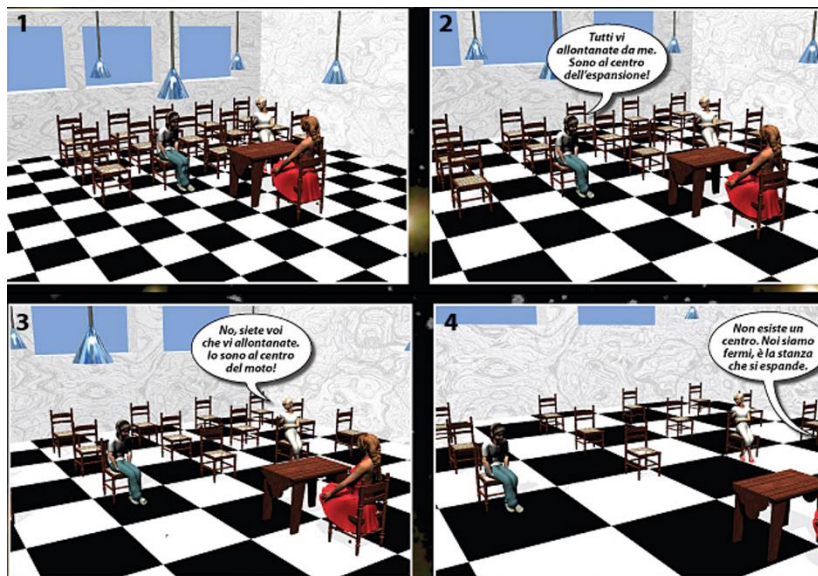
Questo argomento è trattato nell'ultimo libro, "*Schizzi di Cosmologia*". Dal punto di vista delle osservazioni, tutte le galassie si allontanano l'una dall'altra in tutte le direzioni dello spazio e questo fa pensare a qualcosa che si espande. È come se ci affacciassimo alla finestra e vedessimo un fuoco d'artificio, con le particelle luminose che si allontanano in tutte le direzioni. Osservandolo si dedurrebbe che c'è stata un'esplosione iniziale (appunto un fuoco d'artificio) e che noi stessi vedendo dalla finestra i frammenti che si allontanano. Anche l'allontanamento di tutte le galassie fa pensare che l'Universo sia nato da un grande scoppio, il famoso *Big Bang* (*Bang* in inglese vuol dire proprio scoppio). Questa idea deriva dal fatto che, osservandole, tutte le galassie conosciute si allontanano. Potremmo quindi chiederci: "Siamo al centro dell'Universo?" No, perché in realtà, le galassie, inclusa la nostra, stanno ferme nello spazio, mentre lo spazio si espande!

Per spiegare meglio questo concetto, immaginatevi seduti su delle sedie in una stanza. Se improvvisamente il pavimento cominciasse ad espandersi ognuno vedrebbe gli altri che si allontanano, ma li vedrebbe in una maniera particolare. Per esempio, chi è seduto nella prima fila di sedie vedrebbe la seconda fila che si allontana, facciamo finta a 1 km all'ora. Quelli della seconda fila vedrebbero la terza fila che si allontana, anche questa a 1 km all'ora, ma la prima fila vedrebbe la terza fila che si allontana a $1+1$, cioè 2 km all'ora. E la quarta fila, più distante, a $1+1+1 = 3$ km all'ora.

È quindi il pavimento che si espande, mentre le persone sono ferme sulle proprie sedie, su una piastrella di pavimento che si allarga e si allontana dalle altre. Ognuno vedrebbe un'espansione per cui gli altri si allontanano tanto più velocemente quanto più sono distanti.

Ciò che osserviamo nelle galassie è proprio questo: le galassie non si allontanano tutte a velocità costante, ma quanto più sono distanti da noi, tanto più velocemente si allontanano. Questo vuol dire che non sono le galassie nel loro insieme che si stanno espandendo, ma è lo spazio in cui le galassie sono ferme che si sta espandendo.

In conclusione, è lo spazio che si gonfia e questo crea tutte le proprietà che stiamo osservando nell'Universo.



Questa espansione dello spazio si espanderà sempre o no?

Per quanto ne sappiamo, il calcolo

sarà abbastanza facile da farsi.

Faccio un esempio: immaginate di prendere un sasso all'aperto e di lanciarlo verso l'alto. Il sasso arriva a una certa altezza, poi ricade. Immaginate di lanciarlo con maggiore velocità, il sasso va un po' più alto e poi ricade, ossia torna indietro.

La ricaduta del sasso è data dalla forza di gravità della Terra.

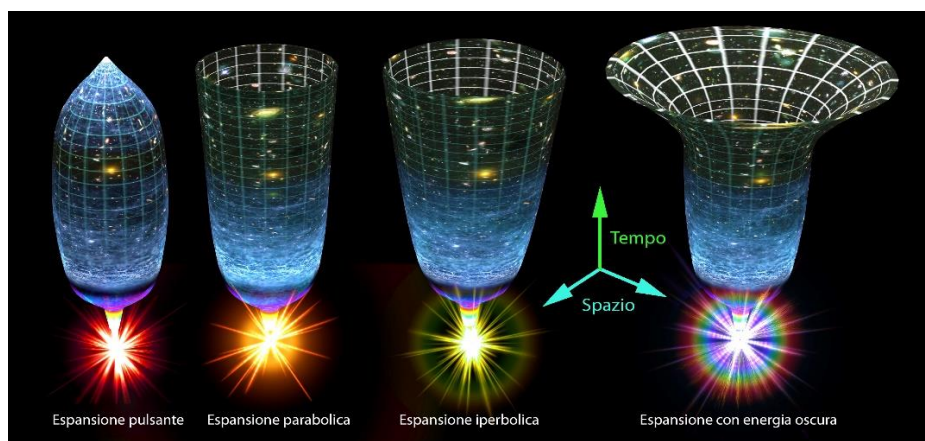
Nell'Universo qual è l'equivalente?

C'è la forza di gravità di tutte le galassie, di tutta la massa delle galassie, che non lo farebbe espandere, ma lo farebbe viceversa ricascare.

Nel nostro esempio c'è un modo in cui il sasso riesce a sfuggire dalla Terra ed entrare in orbita o addirittura viaggiare nello spazio. È ciò che accade con i missili lanciati nello spazio. Si dà abbastanza velocità da poterli far scappare fuori dall'attrazione terrestre. Lo stesso vale per l'espansione dell'Universo. Se c'è abbastanza velocità rispetto alla forza di gravità di tutta la massa delle galassie, l'Universo si espanderà per sempre. Se non c'è abbastanza velocità e la forza di gravità predomina, allora l'Universo, proprio come il nostro sasso, andrà avanti e poi "ricadrà giù", sarà quindi un Universo pulsante.

Per capire meglio cosa potrà succedere, si misura la velocità delle galassie per dedurre qual è l'energia di espansione e si misura la massa delle galassie per capire, invece, qual è l'energia che la fa contrarre.

I risultati ci dicono che l'Universo si espande per sempre anzi, per quanto ne sappiamo finora, si espande sempre più velocemente, cioè sta accelerando.



Qual è il ruolo del tempo per lei nella sua vita quotidiana?

Anche di questo argomento si parla in "*Schizzi di Cosmologia*".

Lo spazio e il tempo sono legati tra di loro. Per esempio, quando andavamo a scuola ci spiegavano che lo spazio ha le coordinate cartesiane XYZ (una verso l'alto, una a destra e una davanti) e il tempo poteva scorrere per conto suo. In realtà, siccome tutta la nostra interazione nell'Universo è fatta dalla luce o dalla forza di gravità, sia le onde luminose che le onde della gravità si muovono ad una velocità precisa che noi chiamiamo *velocità della luce*, cioè si muovono a circa 300.000 km al secondo.

Per capire meglio vi faccio un esempio con le onde sonore.

Siete in campagna, si sta avvicinando un temporale. Volete sapere quanto è distante per non bagnarvi sotto la pioggia? Vedete la luce del lampo, che arriva velocissima, ma il tuono lo sentite dopo. Vi siete mai accorti che il

suono del tuono arriva sempre qualche secondo dopo il lampo? Questo avviene perché, mentre la luce va a 300.000 km al secondo, il suono viaggia a 250 m al secondo, cioè a un quarto di km al secondo. Se vedo il lampo e comincio a contare "101...102...103...104..." e a quel punto sento il tuono, poiché sono passati quattro secondi vuol dire che il temporale è a 1 km (250 metri/secondo moltiplicato per 4 secondi = 1000 metri). Quindi in realtà il suono che sento adesso è stato emesso alcuni secondi nel passato. Se io dovessi agire in base al suono, sentirei sempre il passato, almeno per il temporale. Se al lampo successivo il tuono arriva in un tempo più breve, vuol dire che il temporale si avvicina ed è meglio che mi metta al riparo!

Lo stesso avviene quando osservo qualcosa col binocolo. Per esempio, se una persona su una montagna a 1 km di distanza mi fa un cenno e io la vedo, in realtà non sto vedendo la persona esattamente in questo momento, ma sto vedendo quello che faceva quando la luce è partita dalla sua distanza di un chilometro. Poiché la luce viaggia a 300.000 km al secondo, vuol dire che io vedo la persona che è a 1 km da me come effettivamente era un trecento-millesimo di secondo fa.

Sembra una cosa irrilevante e poco interessante, ma in effetti questa differenza non è così poco importante, anzi!

Il motivo ve lo spiego subito.

Più che sulla Terra, questo aspetto diventa importante se io comincio a considerare distanze molto grandi, per esempio se parlassi con un astronauta che si trova sulla Luna (che è a un secondo luce). Se l'astronauta via radio mi dicesse "Ciao" il suo saluto mi arriverebbe un secondo dopo; quindi, la conversazione potrebbe essere: "Ciao, come stai?" Un secondo di silenzio, "Io sto bene, e tu?" Un altro secondo di silenzio e così via.

Pensate che su Marte la distanza è di 20 minuti luce; ogni segnale impiega 20 minuti per raggiungere la Terra.

La stella più vicina dista circa tre anni luce dalla Terra. Quindi, ora, io non sto vedendo questa stella com'è adesso, ma la vedo com'era tre anni fa!

La galassia di Andromeda dista tre milioni di anni luce dalla Terra; ora la vedo com'era tre milioni di anni fa!

Se fotografo una stella in quella galassia, forse la stella non c'è più, non esiste perché è scoppiata, ma la luce ancora viaggia verso di me.

Questi esempi ci fanno capire che noi non stiamo vedendo il presente del mondo che ci circonda, ma qualcosa che è già successo nel passato, quando il segnale è partito. Vedete quindi che spazio e tempo sono collegati tra

loro, perché la conoscenza di ciò che ci circonda passa attraverso i segnali sonori, luminosi o della forza di gravità che ci arrivano dopo un certo tempo. Questo ci dice che l'Astronomia è come l'Archeologia, cioè uno studio del passato. Tutto quello che abbiamo intorno è il nostro passato. Anche voi siete il mio passato, anche se di milionesimi di secondo fa poiché quando vi guardo, la vostra immagine ha impiegato del tempo per raggiungermi. Io ogni giorno, quando studio l'Universo, sono cosciente del fatto che tutto intorno a noi è il nostro passato. Il presente è solo nelle nostre teste, e il futuro non si può vedere, né misurare.

Esistono altre forme di vita?

Le forme di vita terrestri sono basate su molecole che ci sono in tutto l'Universo, e usano gli elementi chimici più abbondanti: idrogeno, carbonio, azoto, ossigeno, fosforo e zolfo. Se le forme di vita sono state costruite con gli elementi più abbondanti dell'Universo, è chiaro che questi elementi ci sono non solo sulla Terra, ma anche sulla stella più vicina, sulla galassia di Andromeda e ovunque. Le molecole che sono necessarie alla vita e soprattutto l'acqua liquida, che è indispensabile per il metabolismo (cioè perché le forme di vita possano vivere), sono state trovate ovunque, addirittura nelle nuvole di gas nello spazio, senza stelle e senza pianeti. Quindi per quello che ne sappiamo noi, le molecole della vita, che vengono chiamate prebiotiche (cioè prima della vita), ci sono un po' dappertutto: nelle meteoriti, sulle superfici dei satelliti di Giove e Saturno e sono state viste anche in alcuni pianeti intorno ad altre stelle.

Noi conosciamo attualmente più di 5000 pianeti che girano intorno ad altre stelle. Ci sono stelle che hanno dei pianeti piccoli come Mercurio o grandi più di Giove; stelle con 2, 3, anche 5 pianeti. Ricordo che il Sole ha 8 pianeti, 4 pianeti nani, più tantissimi altri pianetini molto piccoli. Quindi, quello che osservo qui, sulla Terra, ovvero un pianeta riscaldato da una stella con l'acqua liquida in superficie, si ripete ed esiste in migliaia di altri sistemi stellari nella galassia. Ne abbiamo infatti osservati finora più di 5000, ma la sola Via Lattea, la nostra galassia, contiene 400 miliardi di Stelle e ci sono miliardi di galassie nell'Universo.

Capirete che il numero è immenso, da fa perdere l'immaginazione!

La probabilità che esistano forme di vita basate sulle nostre stesse molecole è altissima.

Un buon candidato per la ricerca di vita extraterrestre è Marte, che in passato era come la Terra; aveva infatti piogge e fiumi, di cui oggi vediamo le vallate e ghiacciai. Poi però il pianeta si è inaridito e oggi la vita sulla superficie di Marte non ce n'è più. Le varie sonde però stanno scavando nel sottosuolo dove l'acqua è ancora liquida sperando di trovare o delle forme di vita, oppure dei fossili di queste forme di vita.

Su altri pianeti si stanno cercando, invece, con l'analisi della loro luce, tracce di molecole prodotte da batteri o cellule (per esempio tracce di clorofilla). Se trovassimo la clorofilla nei pianeti extrasolari, vorrebbe dire che lì ci sono delle piante.

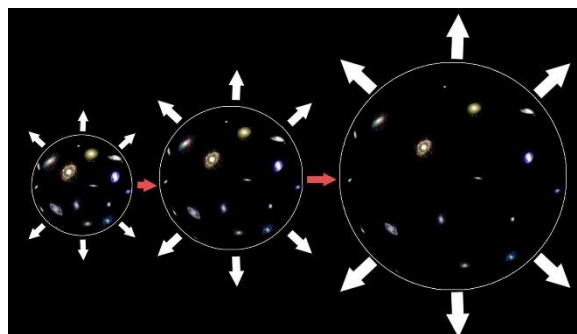
Ricordo, però, che nella Scienza si può parlare con certezza solo se si trovano le prove, quindi solo se si trova veramente una forma di vita o un fossile di una forma di vita. Adesso stiamo parlando solo di probabilità.

L'Universo è finito o è infinito? Qual è la sua opinione in merito? E se è finito, come si concilia questa ipotesi con il fatto che sembra essere nato da un punto iniziale estremamente piccolo?

Anche di questo si parla in *"Schizzi di Cosmologia"*, però l'argomento forse è troppo complicato per le prime classi. Una volta si credeva che potessimo essere al centro dell'Universo o che l'Universo fosse partito da un punto, ma non è così. Prima vi ho fatto l'esempio del pavimento che si espande; quindi, lo spazio si espande proprio come una stanza, un pavimento o una pianura che diventa sempre più grande. Riusciamo però a immaginare una pianura infinita che si espande? In altre parole, io vedo l'espansione adesso, ma non so dove finisce!

Ecco un altro esempio per aiutarvi a capire.

Immaginiamo di non essere a tre dimensioni, ma di essere piatti, a due dimensioni. Se fossimo piatti, per noi esisterebbe solo lunghezza e



larghezza. Ora, se noi fossimo esseri piatti che vivono su un palloncino o su una sfera, Il nostro Universo sarebbe non infinito, ma finito, nel senso di non infinito.

Questo Universo su una sfera sarebbe però illimitato, perché io posso

camminare liberamente in una direzione senza trovare un limite, una linea in cui l'Universo finisce. Parto nel mio Universo piatto, vado avanti, vado avanti, vado avanti, ma non trovo mai un confine! Se questo Universo immaginario è come una sfera, posso tornare addirittura al punto di partenza.

Il nostro Universo è probabilmente finito, cioè ha una certa dimensione, ma è illimitato, non ha confini.

Come faccio a immaginarlo tuttavia a tre dimensioni?

Voi capite che, per parlare di un palloncino che si espande, io devo ragionare con le due dimensioni della superficie palloncino più di una terza che è quella del raggio che si espande. Allora, in un Universo reale come il nostro, a tre dimensioni, che si espande, in che direzione si espande? Per semplificare molto, diciamo in una quarta dimensione.

E quindi io devo immaginarmi che in realtà ci siano almeno quattro dimensioni: tre che sono le nostre in cui viviamo e una quarta dimensione in cui si va ad espandere; di conseguenza non c'è un centro.

L'espansione non è partita da un centro, ma è partita solo da una situazione di altissima concentrazione di energia.

Attenzione! Questa è una semplificazione molto forte, ma serve a farvi capire che non c'è un centro dell'Universo. Sappiamo che questa concentrazione altissima di energia non era stabile e ha cominciato a gonfiarsi, ad espandersi, e noi stiamo vedendo in questa fase quello che è successo dopo.

Un'ultima cosa sul *Big Bang*: noi conosciamo la materia e l'energia, che nella vita normale sembrano essere due cose separate.

Non so se avete mai visto la famosa formula di Einstein, che ormai viene scritta dappertutto: $E = mc^2$

Questa significa che l'energia E è uguale a una certa quantità di massa m per un numero enorme (c al quadrato).

Facciamo un esempio: se disegno una particella sulla lavagna, col gesso faccio un cerchietto fatto di gesso. Io la vedo come un cerchietto, la immagino come una particella, ma è gesso. Quindi io posso dire: dentro il cerchietto, dove c'è gesso, c'è la particella, fuori no, c'è il vuoto. Però, se io comincio a muovere il gesso dappertutto intorno e riempio la lavagna di gesso, il cerchietto non si vede più. La particella non esiste più perché la quantità di gesso che c'è dentro è uguale alla quantità di gesso che c'è

fuori. Allora che cosa rappresenta il gesso in questo esempio? È l'energia. La concentrazione del gesso invece rappresenta sulla lavagna la materia.

Nel mondo possiamo immaginare la materia come energia concentrata: infatti, se io spacco la materia, spezzo il nucleo dell'atomo, l'energia che lo lega si trasforma in materia e diventa una particella. Infatti, i fisici nucleari, quando fanno esperimenti spaccando gli atomi con gli acceleratori di particelle, vedono queste reazioni. Vedono apparire particelle nuove, di cui ogni tanto sentite parlare in TV, come i mesoni, o i bosoni W, Z, i fotoni, eccetera. Queste particelle sono la materializzazione dell'energia che legava l'atomo o che legava la molecola o che legava addirittura il nucleo. Se il nucleo viene spaccato, l'energia che lo tiene insieme diventa materia. Ci sono, come vedete, molti argomenti legati tra loro, e non vorrei confondervi le idee, ma l'Universo nasce da un'energia altissima che non è stabile e si espande, trasformandosi in particelle di materia. Si creano tutte insieme, ma non partono da un punto.

Ci parla delle principali forme degli esopianeti che sono stati recentemente trovati?

Attualmente sono stati trovati più di 5000 esopianeti e questi pianeti vengono scoperti perché perturbano la stella (quindi la fanno oscillare), oppure perché passano davanti alla stella e fanno un'eclissi (come nella nostra eclissi di Sole: il pianeta gli passa davanti e quindi vedo la luce della stella che si indebolisce). Naturalmente la gran parte di queste osservazioni sono fatte coi telescopi spaziali, perché sono variazioni microscopiche. C'è un sito che pubblica regolarmente l'elenco, gli articoli e gli studi che vengono fatti sugli esopianeti. Ogni settimana il numero dei pianeti extrasolari aumenta, e continuano a crescere oltre i 6000.

Tra i pianeti noti, i più facili da scoprire sono più grandi di Giove. Ma ci sono anche pianeti grandi come la Terra o un po' più piccoli e un'attenzione particolare è rivolta a quei pianeti che si trovano ad una distanza tale dalla stella da avere l'acqua liquida in superficie. Se il pianeta è troppo vicino e la temperatura superficiale è più di 100°C, chiaramente di acqua non ce n'è. Se il pianeta è troppo lontano e la temperatura è inferiore a 0°C, l'acqua

è tutta ghiacciata e quindi non c'è acqua liquida. Ma ci sono dei pianeti che sono ad una distanza tale da permettere l'esistenza di oceani liquidi. Questa viene chiamata zona abitabile. Intorno alle stelle con pianeti, ci sono alcune centinaia di pianeti in zona abitabile.

Quello che si sta cercando di fare coi telescopi spaziali è di analizzare la luce riflessa della stella, che passa attraverso l'atmosfera del pianeta e mostra quali elementi chimici ci sono nell'atmosfera. Su alcuni di questi pianeti sono state trovate tracce di piogge (si vedono tracce di acqua che aumentano e poi diminuiscono) come se si formassero nuvole e poi piovesse, facendo diminuire l'acqua in atmosfera, e poi le nuvole tornassero a formarsi. Quindi su alcuni di questi pianeti sappiamo che piove, per altri invece si sono trovate delle sostanze contenenti fosforo o metano. Potrebbero essere scoperte molecole contenenti ossigeno che farebbero pensare alla presenza di piante; quindi, potrebbe esserci una fotosintesi e altre tracce di vita.

Non è stata ancora trovata una prova definitiva che ci sia la fotosintesi. Ma voi capite che, se si trovassero le righe della clorofilla su un pianeta, vorrebbe dire che lì ci sono delle piante e che, quindi, ci sono delle forme di vita. Questo può essere scoperto domani, tra due anni, tra 100 anni, chi lo sa? Da un giorno all'altro potrebbe essere fatta questa grande scoperta, ma intanto si continua a cercare.

È difficile studiare Astronomia?

Devo dirvi che è difficile quanto la medicina, quanto il *K-pop*, eccetera! Se una persona non sa nulla di una determinata cosa, che sia il francese, l'inglese o altro, è difficile iniziare a studiarla. Ma se una persona è appassionata di un certo argomento, trova anche lo stimolo per studiarla.

A proposito di tempo, saranno mai possibili, secondo lei, i viaggi interstellari o addirittura intergalattici?

Sono molto scettico in questo senso, per una ragione: per lanciare un missile e farlo entrare in orbita occorre naturalmente una certa energia. L'energia vale per tutti, sia per i pianeti che hanno alta tecnologia sia per i pianeti che hanno bassa tecnologia. Quando noi lanciamo uno *shuttle*, per

esempio, consumiamo una quantità di energia che è pari all'energia elettrica consumata in un anno da un paese di decine di migliaia di abitanti. Se dovessi lanciare un'intera stazione spaziale come la ISS nello spazio e farla scappare lontano dal Sole e dal Sistema Solare dovrei usare un'energia pari a tutta l'energia prodotta dal pianeta Terra. Questo è un calcolo facile che si può fare. E questo cosa vuol dire? Vuol dire che teoricamente si può viaggiare sempre più veloci, ma in realtà un quantitativo di energia così grande per poter fare un'impresa simile nessun pianeta l'ha a disposizione.

Aggiungo un'altra cosa; secondo la fisica classica, se viaggio a una velocità doppia devo usare quattro volte più energia. In matematica si dice che coincide con il quadrato del numero.

Per esempio, se viaggio al doppio ($\times 2$), devo usare 2^2 ovvero 4 di energia, ossia devo usare quattro volte più energia.

Se devo andare tre volte più velocemente devo usare: $3^2 = 3 \times 3 = 9$ volte più energia. E così via per velocità sempre più alte!

Ma secondo la Teoria della Relatività Speciale, la prima, fatta da Einstein nel 1905, l'energia di un corpo in movimento cresce e tende a diventare infinita alla velocità della luce.

In altre parole, per lanciare una qualunque particella o missile alla velocità della luce dovrei avere energia infinita.

È chiaro che nemmeno *Star Trek* ha energia infinita, nessun tipo di civiltà può averla! Quindi, la velocità della luce è una velocità non superabile. Io non posso mai viaggiare con un oggetto fisico che ha massa alla velocità della luce. Impossibile! Inoltre aggiungo che la stella più vicina è a circa tre anni luce, il che vuol dire che, se anche io avessi un'astronave che viaggia alla velocità della luce, ci metterei tre anni a raggiungerla; quindi, vado tre anni là, faccio quello che devo fare, torno indietro e son passati sei anni per un solo viaggio!

Se poi dovessi andare su sistemi planetari ancora più lontani, dovrei impiegare 100 o anche 1000 anni!

Capite che portare degli astronauti per mille anni in un posto, anche se vi trovano qualcosa di interessante o utile, e tornano dopo 2000 anni, significa dar loro da mangiare, da respirare e mantenerli in vita per 2000 anni. Significa anche che i computer e l'astronave non si devono guastare per 2000 anni... è una cosa di fatto sostanzialmente impossibile!

Di conseguenza, se si viaggia nello spazio comune, nello spazio che conosciamo noi, poiché la velocità della luce non è superabile, è

sostanzialmente impossibile viaggiare da una stella a un'altra. Quindi l'idea che possano esserci delle astronavi aliene che girano intorno appare impossibile dal punto di vista della Fisica. Poi, se si dovesse scoprire qualcosa di diverso, per carità non si potrebbe mai dire. Però in base alle leggi del mondo fisico questo non è possibile.

Nella fantascienza le astronavi devono viaggiare fuori dallo spazio normale. Sapete cosa si diceva nel film *Star Trek*, di cui ero molto appassionato?

Si diceva: "Viaggiamo nel sub spazio, nell'iperspazio, a curvatura, nei tunnel spazio-temporali" e altre cose fantasiose.

Si immaginavano anche loro qualcosa di diverso da un normale viaggio nello spazio, così, di conseguenza, è difficile pensare che oggi ci siano astronavi aliene vicino alla Terra.

Che cos'è la radiazione di fondo, come si può capire dell'Universo?

La radiazione di fondo è una delle prove che c'è stato un *Big Bang*, perché è

quello che resta della quantità di energia che c'era all'inizio.

Devo fare una premessa: voi sapete tutti che un gas, un gas fatto di particelle come l'aria, se viene compresso, si riscalda. Per esempio, quando gonfiamo la gomma di una bicicletta e con la pompa la comprimiamo, la comprimiamo e la comprimiamo, se poi si prova a toccare la pompa, questa è calda perché il gas compresso si è riscaldato. Viceversa, il gas, se viene lasciato espandere, si raffredda. Un esempio che ci aiuta a capire meglio questo concetto è il meccanismo del frigorifero in cui si utilizza un gas che viene fatto espandere all'interno del frigorifero; questo assorbe il calore dall'interno e raffredda.

Quindi un gas che si contrae si riscalda, un gas che si espande si raffredda, chiaro?

Ora se all'inizio l'Universo aveva temperature di miliardi di miliardi di miliardi di gradi, perché era una concentrazione spaventosa di energia che ha iniziato ad espandersi, man mano che si espandeva, la sua temperatura diminuiva. Diminuiva sempre di più e sempre di più.

Oggi sappiamo che l'Universo ha avuto inizio 14 miliardi di anni fa; perciò, se faccio espandere un gas per 14 miliardi di anni, qual sarà la temperatura finale?

La temperatura finale che noi misuriamo adesso del fondo di radiazione è

2,7 K, cioè -270 °C, ma se si torna indietro e si immagina che tutto questo gas che adesso è a quasi 3 K si sia contratto, contratto, contratto... si vede che la temperatura iniziale è altissima, a miliardi di miliardi di miliardi di gradi.

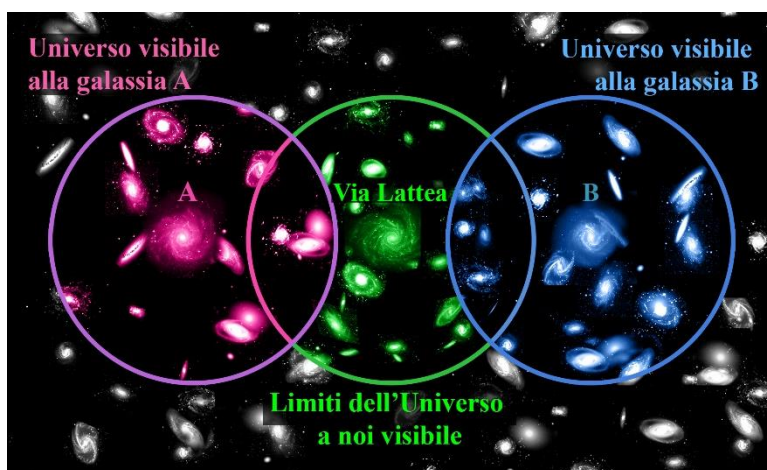
Quindi il fatto che si veda oggi una radiazione diffusa in tutto lo spazio a 2,7 K vuol dire che 14 miliardi di anni fa l'Universo era ad una temperatura altissima.

Questa è un'altra prova, oltre all'allontanamento delle galassie, che c'è stata un'epoca in cui tutto era concentrato a una temperatura e a una densità altissime, l'epoca che chiamiamo del *Big Bang*.

Ci sono innumerevoli Universi?

La risposta, potrebbe essere sì, ma noi non abbiamo nessuna interazione con questi. Mi spiego meglio. Bisogna parlare della teoria degli orizzonti cosmici. Io posso vedere lontano nello spazio fino a una certa distanza: questo si chiama orizzonte cosmico. In altre parole, se il mio Universo ha 14 miliardi di anni, posso osservare delle galassie che sono lontane 3, 5 o 10 miliardi di anni luce, e le vedo come erano tre miliardi di anni fa, 5 miliardi, 10 miliardi, ma non posso vedere galassie che sono lontane più di 14 miliardi di anni luce, perché la luce non mi è ancora arrivata.

Il segnale luminoso o radio che viaggia a una certa velocità è paragonabile ad una lettera che mi è stata spedita. Finché la lettera non mi arriva, io non ne so nulla, per me non esiste. Lo stesso accade per le distanze che sono gli orizzonti cosmici.



Vi mostro questa figura del libro: noi siamo nell'Universo verde, quindi abbiamo un orizzonte. Non vediamo le galassie al di là di quell'Universo, non sentiamo la loro forza gravitazionale e quindi non esistono. Però ci sono

un Universo rosso, un Universo blu in cui loro dicono la stessa cosa di noi,

cioè vedono le galassie vicine, ma noi siamo fuori dall'orizzonte, per cui noi non esistiamo. In linea di principio, quindi, possono esistere Universi diversi, nel senso che sono più lontani dell'orizzonte cosmico, cioè di quella distanza a cui la luce o altre onde elettromagnetiche o le onde gravitazionali mi hanno già raggiunto.

Tutte quelle galassie che sono fuori dal nostro orizzonte cosmico possono esistere, ma non per noi, non hanno nessuna interazione col nostro mondo.

Le piacerebbe viaggiare nel tempo?

Sarebbe curioso, ma direi non in qualsiasi epoca perché, se pensiamo al passato del nostro pianeta, non è che ci siano stati sempre dei bei tempi. Il passato sembra così romantico, ma non c'erano le cure per le malattie e tante altre cose che ci fanno stare bene.

Il viaggio nel tempo in realtà è ritenuto impossibile perché, come vi dicevo, tutta la nostra comunicazione con il resto dell'Universo è con il passato.

Idealmente una macchina che mi permette di vedere il passato, anche se teorica, è stata inventata. Potrei mettere un telescopio a un anno luce di distanza; questo vedrebbe la Terra come era un anno fa e questo telescopio potrebbe fare un filmato e rimandarmelo indietro. In questo modo vedrei la Terra, cioè noi stessi, come eravamo due anni prima.

Questi sono chiaramente tutti degli esperimenti teorici, e io personalmente non sarei molto contento di andare avanti e indietro nel tempo.

Sarebbe un'esperienza curiosa, potrebbe essere attraente, però fisicamente in questo mondo non è possibile.

Si rischierebbe inoltre di entrare in tutti quei paradossi del tipo "Se incontrassi mio padre e se gli succede qualcosa, allora io non potrei esistere, ma allora come faccio ad esistere se nel mio futuro non ci sono più?" E così via!

Questo resta comunque un argomento bellissimo e affascinante per i romanzi e film di fantascienza!

Caratteri spazi inclusi 33.573