



Presentazione per *UniTre* e *Società Dante Alighieri* Lucerna, marzo 2025

Signore e signori

buonasera e benvenuti. Ringrazio Michelangelo Penticorbo per l'invito e la gentile introduzione.

Ho il piacere di presentarvi un aspetto di Dante che probabilmente non conoscete e non vi aspettate.

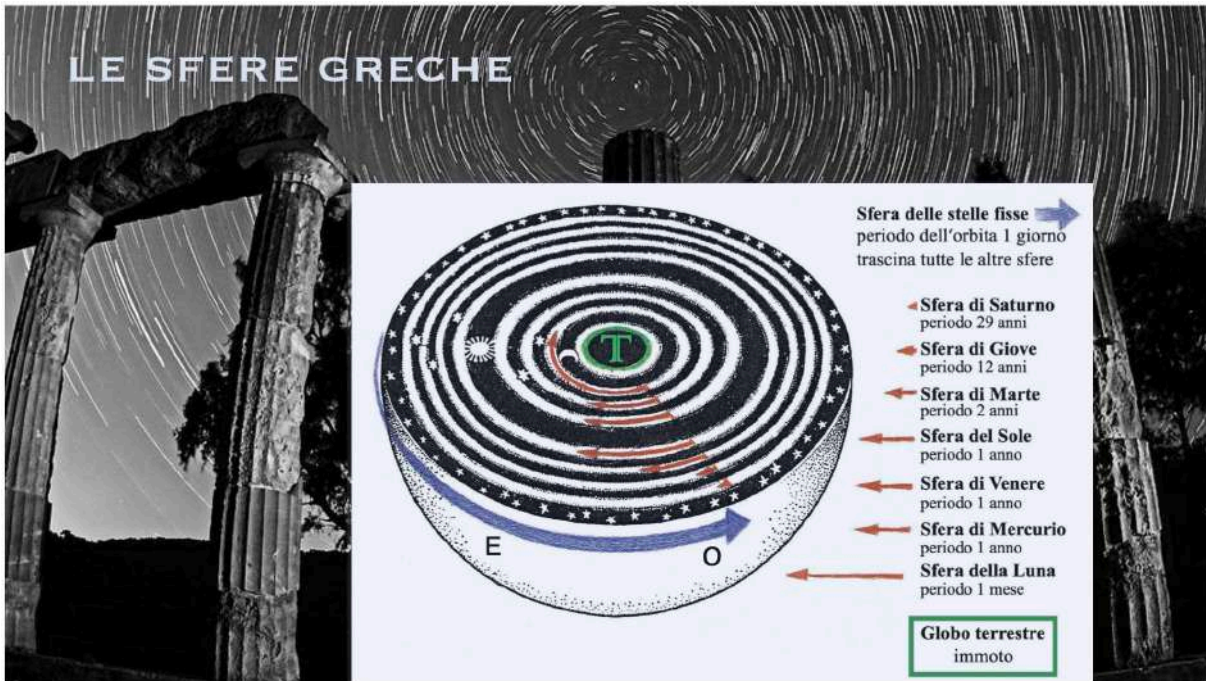
Non sono uno specialista di Dante o un letterato, sono un astronomo...

Molti anni fa, credo quando ero ancora studente, ho cominciato a leggere la *Divina Commedia* un po' per caso, e ho subito notato alcune analogie tra il viaggio dantesco nell'aldilà e la nostra ricerca astronomica. Mi sembrava che anch'essa (la ricerca dello spazio) può essere intesa come una sorta di viaggio nell'aldilà. Questo pensiero non mi ha più lasciato in pace. Tanto che mi sono trasferito a Firenze con la mia famiglia per due anni per lavorare all'Osservatorio di Arcetri – e per immergermi ancora di più in Dante. In breve, a un certo punto e in qualche modo questo è sfociato in un libro che è stato pubblicato quasi vent'anni fa – in tedesco: “*Primum Mobile. Dantes Jenseitsreise und die moderne Kosmologie*”. Dopo quasi altrettanti anni, qualche mese fa, è stata finalmente pubblicata un'edizione italiana: “*Primum Mobile. Il viaggio dantesco e la cosmologia moderna*”. Colgo quindi l'occasione per presentarvi le più importanti analogie tra il mondo dantesco e la cosmologia moderna, di cui parlo nel libro.

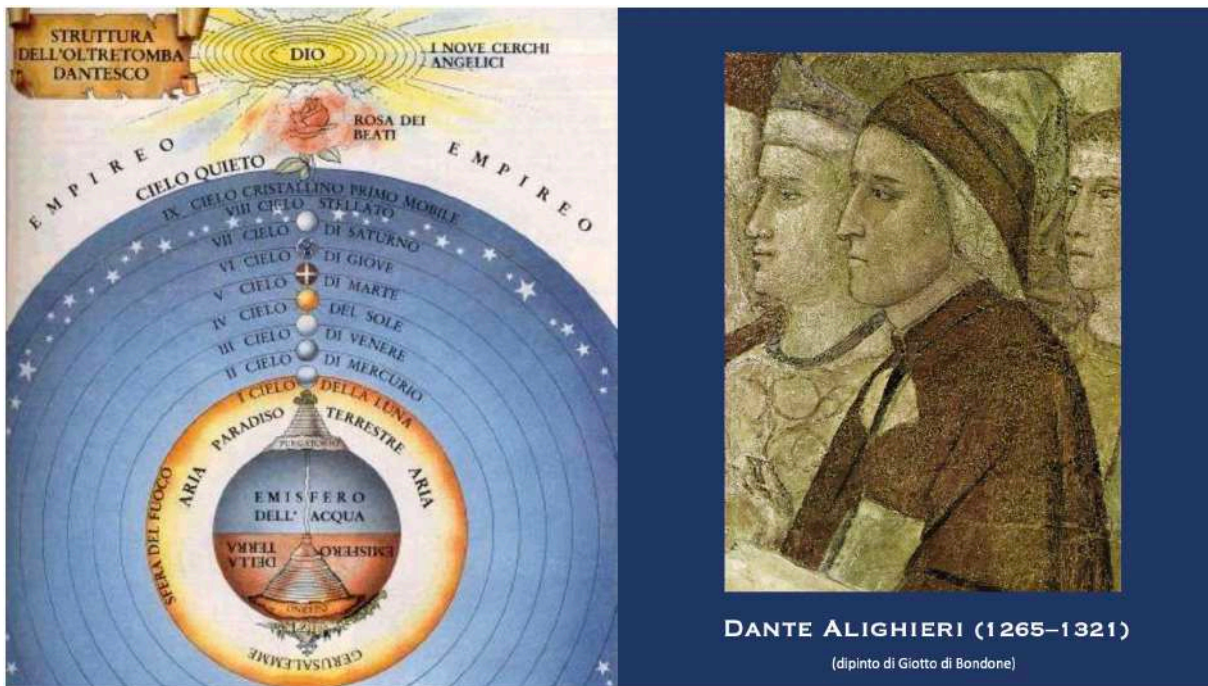
Il titolo della mia presentazione “E quindi uscimmo a riveder le stelle” cita il verso finale della prima parte della *Divina Commedia*, l'“*Inferno*”. Dante esce dall'inferno con la sua guida Virgilio per rivedere finalmente le stelle... Penso che dovremmo prendere a cuore questo verso in questi tempi difficili e cercare di sfuggire al diluvio quotidiano di notizie cattive o confuse che ci trascinano

sempre più giù, – guardando le stelle di notte, occupandoci di musica e poesia, ... e leggendo la *Divina Commedia*, per esempio.

Per poter affrontare l'incontro tra il mondo dantesco e la cosmologia moderna, dobbiamo innanzitutto ricordare la visione del mondo del tempo di Dante. La visione del mondo del Medioevo è essenzialmente la visione del mondo dell'antichità greca, rivestita di una veste cristiana.



(Fig. 2) Qui si può vedere un diagramma del cosmo di sfere dei Greci. Al centro c'è la Terra immobile, quindi si tratta di un sistema geocentrico del mondo. Intorno alla Terra si estende una serie di gusci sferici cristallini, detti anche sfere o cieli, in cui sono racchiusi i pianeti, compresi il Sole e la Luna – nell'ordine: Luna-Mercurio-Venere-Sole-Marte-Giove-Saturno, e all'esterno la sfera delle stelle fisse. Queste sfere con i loro corpi celesti si muovono intorno alla Terra a velocità diverse, apparentemente sempre più veloci verso l'esterno, fino alla rotazione giornaliera delle stelle fisse (come mostra la freccia blu, da est a ovest. In realtà questa rotazione è ovviamente causata dalla rotazione terrestre). Rispetto alle stelle fisse, invece, le sfere planetarie si muovono sempre più lentamente dall'interno verso l'esterno (la Luna in un mese da ovest a est, il Sole in un anno, ecc. come indicato dalle frecce rosse). Le caratteristiche di questa visione del mondo sono quindi tre: 1. il cosmo è sferico, 2. è centrato su di noi o sulla Terra e 3. è strutturato gerarchicamente: La spinta al movimento e l'esercizio dell'influsso vanno dall'alto verso il basso (o dall'esterno verso l'interno).



**(Fig. 3)** Passiamo ora a Dante. Vorrei ricordarvi brevemente il palcoscenico della *Divina Commedia*. La struttura di base del cosmo rimane la stessa, ma al cielo delle stelle fisse si aggiunge un'altra sfera, un cielo di cristallo puro, il “Primum Mobile” (il primo mosso). Esso costituisce la cinghia di trasmissione dell'intero mondo, che muove tutte le sfere inferiori. Qui termina il mondo dello spazio e del tempo, perché al di fuori di esso, nel “Empireo”, il cielo infinito e immobile della luce, siamo al di là dello spazio e del tempo. È il regno trascendente di Dio, dei beati e degli angeli.

Dante aggiunge altri due luoghi alla Terra: l'imbuto dell'inferno che si trova sotto la terra, in basso a Gerusalemme, e il purgatorio a forma di montagna in mezzo all'oceano sul lato opposto, che all'epoca era sconosciuto. Il paradiso celeste, il purgatorio e l'inferno sono i tre regni dell'aldilà – sono i regni dei defunti; luoghi dove dimorano i morti. L'inferno è un posto di punizione, il purgatorio un posto di purificazione, e il paradiso un posto di ricompensa. La punizione dell'inferno e la redenzione del paradiso sono eterne, mentre il purgatorio viene attraversato per un certo periodo. Come si può immaginare, l'inferno è piuttosto affollato, mentre il paradiso è quasi vuoto... Ci sarebbero mille altri dettagli da menzionare, ma questo dovrebbe bastare a descrivere la struttura approssimativa del palcoscenico del teatro cosmico – su cui il poeta Dante ambienta ora il suo dramma epico della *Divina Commedia*.

In esso Dante descrive il proprio viaggio fittizio attraverso questi regni dell'aldilà: lui, che è ancora vivo, entra come pellegrino in questi mondi, che in realtà sono riservati solo ai morti. Il motivo del suo viaggio? Vuole incontrare in paradiso la sua defunta amata di giovinezza, Beatrice. Ella invia Virgilio, il più grande poeta romano e modello di Dante, a guidare il pellegrino, che ha perso la via



nella foresta, fino a lei (così inizia l'epopea: “*Nel mezzo del cammin di nostra vita / mi ritrovai per una selva oscura / chè la diritta via era smarrita*”). Virgilio lo conduce attraverso l'inferno, questo grande anfiteatro, fra innumerevoli dannati, tra cui Papi, ma anche figure tragiche che vengono punite per sempre per le loro varie azioni – fino al centro della Terra dove Lucifero, l'arci-traditore, è bloccato nel ghiaccio. Così il male è anche geometricamente esattamente in opposizione al bene. Superato Lucifero, attraverso uno stretto passaggio, i due raggiungono la riva del purgatorio sul lato opposto della Terra. Scalano la montagna, che è divisa in gradini su quali si espiano le varie cattive inclinazioni, fino a raggiungere il paradiso terrestre, il giardino dell'Eden, in cima alla montagna. Lì Dante incontra finalmente Beatrice che prima gli fa una ramanzina, mentre Virgilio scompare (in quanto pagano, la sua ulteriore via di salvezza è bloccata). Liberatosi da ogni inclinazione peccaminosa, Dante sale con Beatrice, attraversano una sfera celeste dopo l'altra, diventa sempre più luminoso, nel cielo di cristallo vedono le schiere celesti che orbitano intorno a Dio – archetipo dell'armonia delle sfere. Infine, il viaggio di Dante nell'aldilà si conclude con la visione della Santissima Trinità...

Fin qui tutto bene. Ma cosa dovrebbe dirci oggi, a parte il fatto che la *Divina Commedia* è un'opera poetica unica, magnifica, forse la più grande della cultura occidentale. Ma in termini di contenuto? Cosa dovremmo fare con questo mondo ristretto, medievale, rigidamente strutturato gerarchicamente e carico di moralità? Non c'è forse un altro grande filosofo italiano, vissuto 300 anni dopo Dante, che ha eliminato tutto questo nel modo più radicale: Giordano Bruno. **(Fig. 4 sotto)**

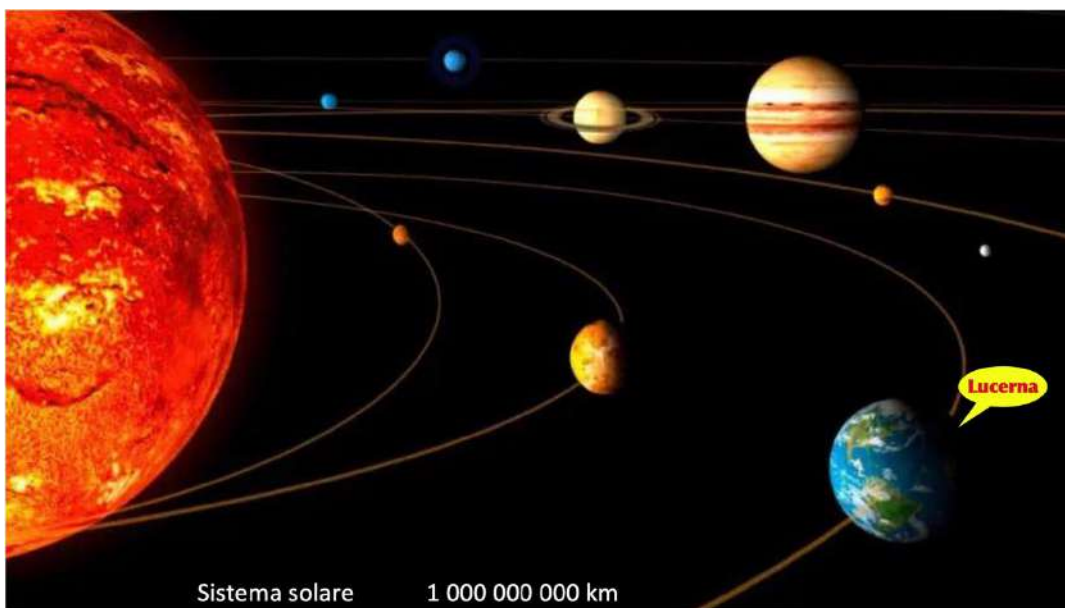


La visione di Giordano Bruno era quella di un universo infinito e infinitamente animato. Una visione audace, all'epoca fin troppo audace, per la quale dovette pagare con la vita, come sapete; nel 1600 fu bruciato pubblicamente come eretico in Campo de' Fiori a Roma.

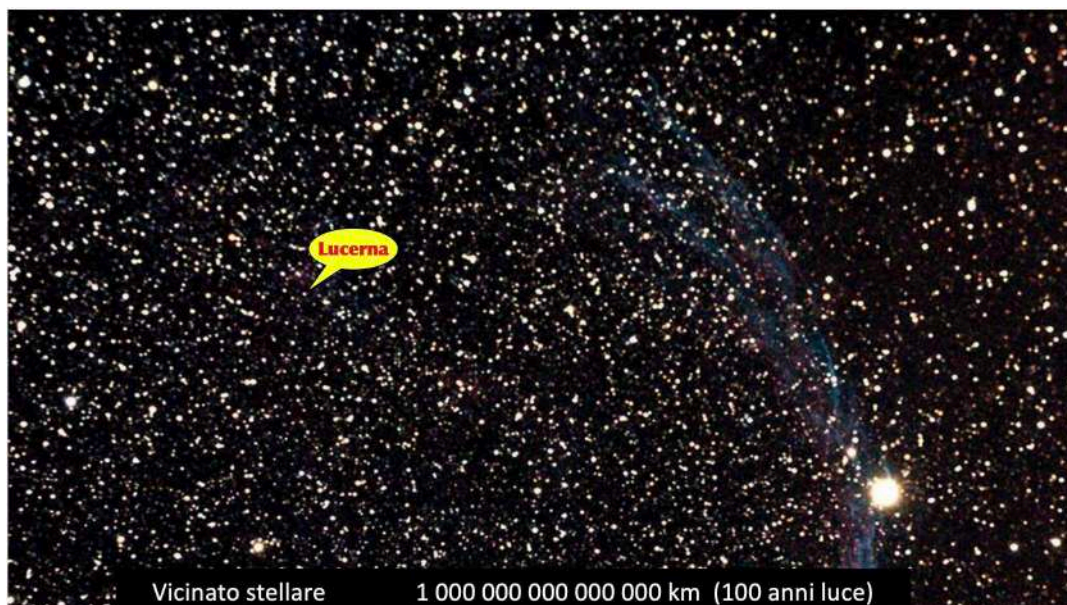
(per inciso, Dante avrebbe subito un destino simile se fosse tornato a Firenze; fu bandito dalla sua città natale per motivi politici e dovette trascorrere i suoi ultimi 20 anni come rifugiato nell'Italia settentrionale).

Dunque: non è forse Giordano Bruno il nostro eroe, che ha aperto le porte all'infinità e alla sconfinatezza dell'universo moderno e della sua esplorazione scientifica, mentre Dante, anche se ogni città si adorna di una "Piazza Dante", sembra essere solo una cosa per studiosi e poeti e patrioti? Ovviamente non condivido questa opinione, altrimenti non l'avrei formulata in modo così provocatorio.

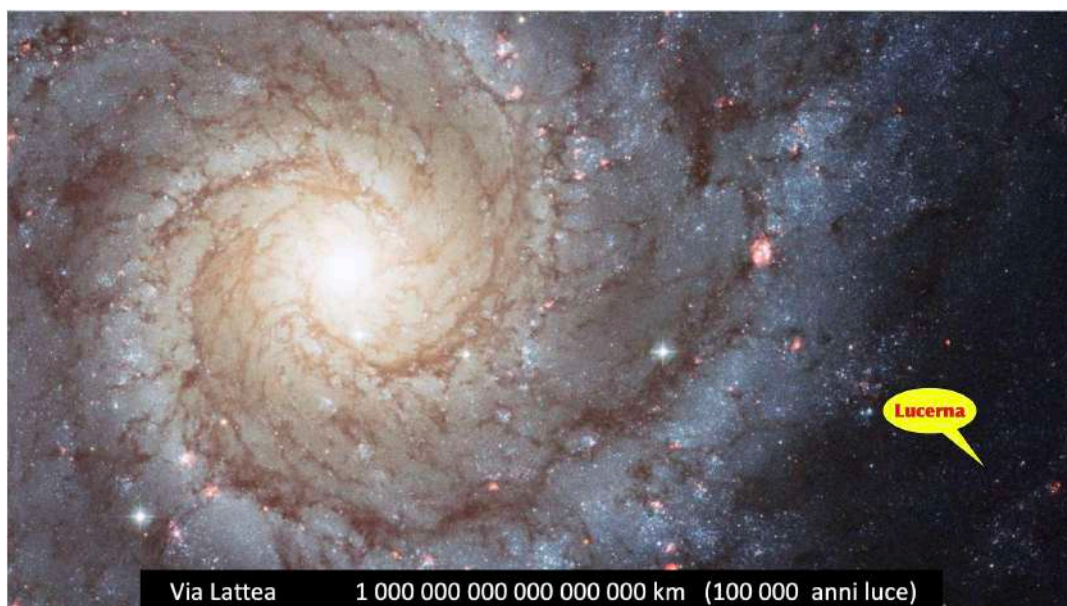
Anche se non ci auguriamo un ritorno dell'inferno dantesco – che purtroppo è diventato una realtà in questo mondo, se pensiamo alle guerre senza fine –, direi che la visione del cosmo di oggi ha quasi più echi di Dante che di Bruno.



**(Fig. 5)** Certamente, la Terra non è al centro del mondo, è un pianeta come gli altri che orbitano intorno al Sole, solo la Luna orbita intorno alla Terra. È il sistema copernicano, eliocentrico, che ci viene insegnato a scuola (si nota che le proporzioni non sono qui riprodotte correttamente). Non sono più delle sfere. In particolare, la sfera delle stelle fisse viene omessa perché la sua rotazione giornaliera è solo un riflesso della rotazione terrestre. Diventa quindi chiaro che le stelle fisse potrebbero trovarsi da qualche parte nello spazio tridimensionale – e così è. **(Fig. 6 sotto)**

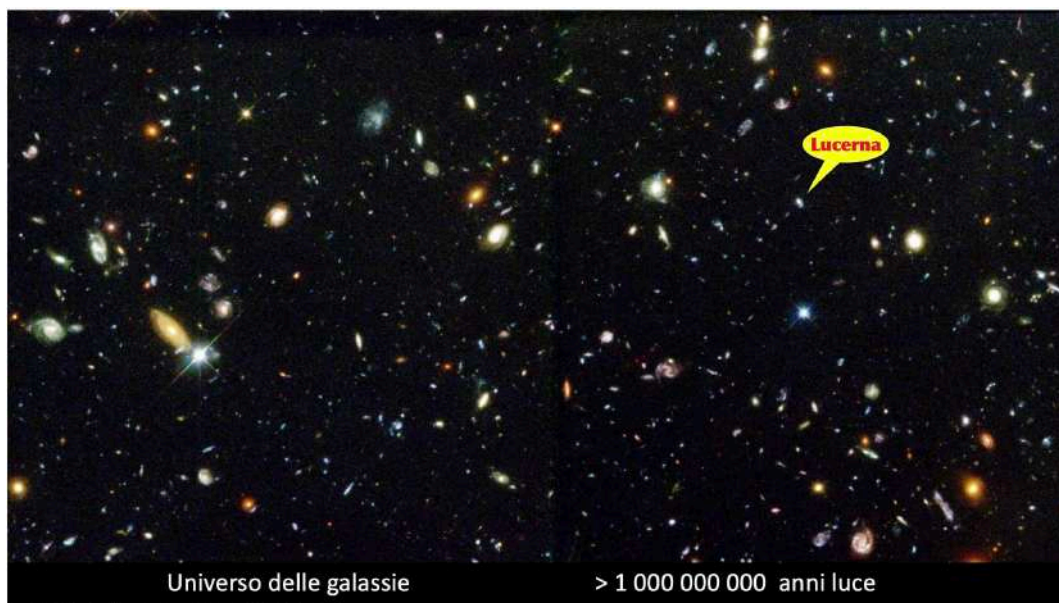


Le distanze delle stelle sono così enormi che viene utilizzata una nuova unità di misura, l'anno luce. È un po' come la riforma monetaria dell'Italia tanti anni fa, dalla Lira all'Euro (prima di allora, tutti in Italia erano milionari...). Le stelle non sono altro che soli che raccolgono intorno a sé i propri pianeti, come sappiamo oggi; Giordano Bruno aveva proprio ragione. Da una distanza che non potremo mai raggiungere, nemmeno signor Elon Musk, questo potrebbe essere un selfie. La cosiddetta rivoluzione o svolta copernicana, dal cosmo medievale all'universo delle stelle, è durata secoli.



**(Fig. 7)** Tutte le stelle visibili appartengono a un enorme sistema a forma di chiocciola di circa 100 miliardi di stelle, che percepiamo come una striscia lattiginosa nel cielo notturno: la Via Lattea, che potrebbe apparire così da una grande distanza; qui ci troviamo in una regione periferica.





(Fig. 8) Ma non è tutto. Quasi esattamente cent'anni fa è diventato chiaro che la Via Lattea è solo *un* sistema stellare, *una* galassia tra innumerevoli altre. Le galassie sono i mattoni fondamentali dell'universo. Le distanze tra loro sono dell'ordine di milioni di anni luce e, con i migliori telescopi, possiamo ancora osservarle a miliardi di anni luce di distanza...

Qui, naturalmente, si ripropone la domanda: di fronte a questo mare sconfinato di galassie e alle distanze inconcepibili, cosa dici ora, Dante Alighieri? In altre parole, cosa c'entra Dante? Sarebbe ancora più facile paragonare un acquario di pesci rossi con l'oceano...

*Però!* (ora arriva il punto cruciale...) Stavo parlando “a cuor leggero” di anni luce. Ora si deve capire esattamente cosa significa. Gli anni luce sono i tempi di percorrenza della luce basati sulla velocità della luce di circa 300.000 km/s. La Luna è un po' più lontana di 300.000 km, quindi una particella di luce ha bisogno di poco più di un secondo per viaggiare dalla Luna alla Terra, o viceversa. Qui (Fig. 9 sotto), la Terra e la Luna e la loro distanza reciproca sono mostrate in scala e vediamo il movimento di una particella di luce fittizia che corre avanti e indietro tra la Terra e la Luna in tempo reale. La velocità è all'incirca quella di una partita di ping-pong tra la Terra e la Luna. È una velocità incredibile: come sappiamo, nulla si muove più velocemente della luce. Ma la cosa importante è che non è *infinitamente* veloce! Di conseguenza, non vediamo la Luna come è in questo momento, ma come era poco più di un secondo fa...



animazione vedi: [www.brunobinggeli.ch/pm/terra-luna.mp4](http://www.brunobinggeli.ch/pm/terra-luna.mp4)

E così via...



**(Fig. 10)** Il Sole è così lontano che la luce ha bisogno di circa 8 minuti per raggiungerci. Lo vediamo come era 8 minuti fa. Quando si spegnerà, rimarrà luminoso per altri 8 minuti... (ma non c'è da preoccuparsi, non succederà). I pianeti esterni li vediamo con un ritardo di qualche ora.

E per le stelle che vediamo di notte, sono ormai anni, decenni, secoli, in cui la luce viaggia fino a raggiungerci. Ciò significa che, a seconda della distanza, vediamo queste stelle come erano anni,

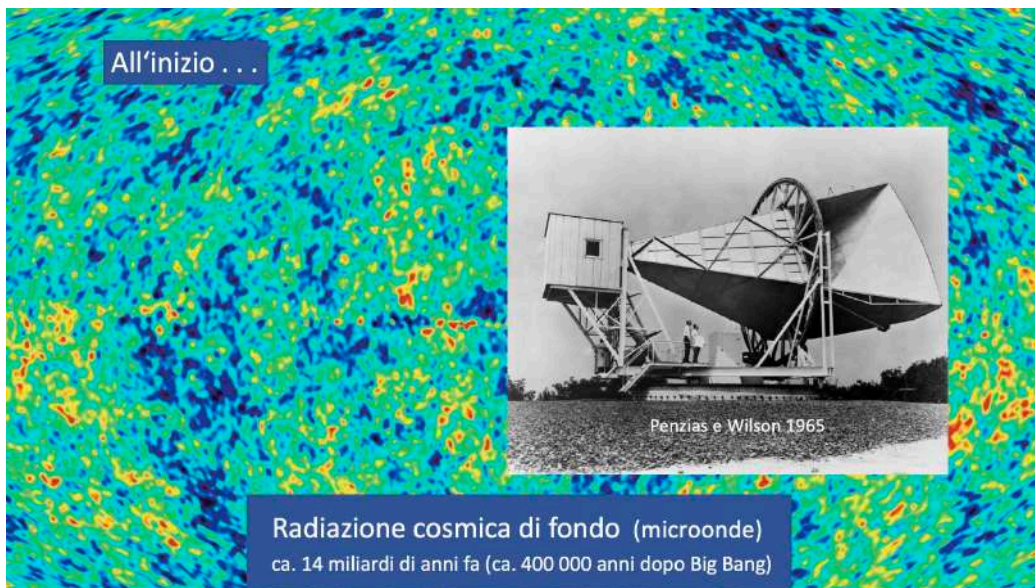


decenni, secoli fa. La prossima volta che guardate il cielo stellato, provate a immaginarlo, è affascinante. Più ci spingiamo nello spazio, più scaviamo nel passato.

Nel caso delle galassie, si tratta già di milioni di anni di tempo passato. Lo spazio e il tempo sono sempre legati l'uno all'altro dalla natura finita della velocità della luce; lo spazio al momento attuale non esiste, è un costrutto; in senso stretto, esiste solo lo spazio-tempo. Nel nostro ambiente immediato, ovviamente, questo non ha alcun ruolo, ma nelle dimensioni dell'universo sì.

Nelle immagini più profonde dei telescopi, guardando indietro di miliardi di anni, si osservano galassie nel loro stato di nascita (qui visibili come piccoli punti rossi). Ciò significa che è avvenuta un'evoluzione. L'universo ha una storia e l'astronomia è in un certo senso una ricerca storica.

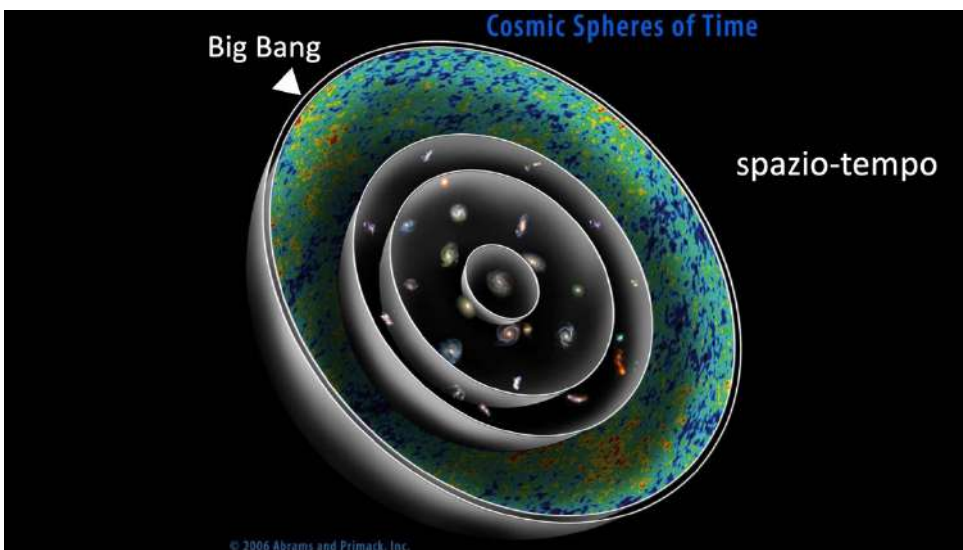
Se ci spingiamo ancora più in là nel passato, arriviamo a un'epoca in cui non c'erano né galassie né stelle, perché non erano ancora nate. Ecco perché ora è nero, non c'è nulla da vedere, almeno alle lunghezze d'onda ottiche. Se penetriamo in questa oscurità, arriviamo finalmente ai primissimi tempi dell'universo, quando non c'era altro che un brodo denso e caldo di particelle.



**(Fig. 11)** Da quest'epoca riceviamo una radiazione che è stata scoperta 60 anni fa con questo strano radiotelescopio (piccolo inserto in b/n). Si tratta della radiazione cosmica di fondo, detto anche “fondo cosmico a microonde”, un debole riflesso di quella calda era primordiale iniziata con il Big Bang 14 miliardi di anni fa. L'immagine della radiazione di fondo, con queste minuscole fluttuazioni – sono i nuclei delle galassie e degli ammassi di galassie – è un'istantanea dell'inizio del nostro mondo. Ciò che vediamo in questa immagine corrisponde a una visione diretta delle distese più estreme dell'universo e allo stesso tempo del suo inizio nel tempo.



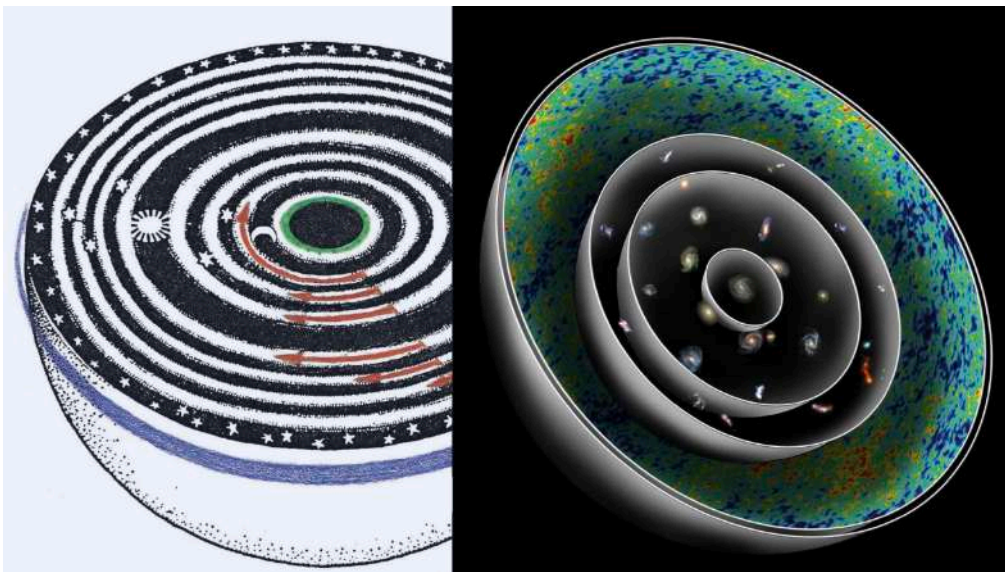
(Fig. 12) Il Big Bang stesso non si può vedere perché il brodo di particelle era opaco. Non dobbiamo pensare che il Big Bang sia stato una sorta di esplosione, come in questa immagine. È avvenuto ovunque, non in un luogo particolare. Si trova, invisibile, appena dietro il fondo di microonde in ogni direzione. So che tutto questo è un po' confuso quando lo si ascolta per la prima volta.



(Fig. 13) Se ora mettiamo insieme tutte queste immagini, otteniamo il seguente diagramma del cosmo: tutti gli oggetti che osserviamo in un certo passato o in una certa epoca si trovano alla stessa distanza, corrispondente alla distanza che la luce ha potuto percorrere in questo tempo. Quindi, questi oggetti si trovano sulla superficie (immaginaria) di una sfera; una certa epoca cosmica definisce una superficie sferica con un certo raggio, la distanza percorsa dalla luce. Il risultato è una sequenza di sfere concentriche di dimensioni crescenti con noi osservatori al centro, il “qui e ora”. Al posto di “noi”, naturalmente, si può mettere al centro anche la Terra, il Sole o la Via Lattea; non ha importanza per queste dimensioni. L'ultima sfera, quella più esterna, il “bordo” dell'universo osservabile, per così dire, è formato dal Big Bang, o meglio: dall'immagine invisibile e atemporale

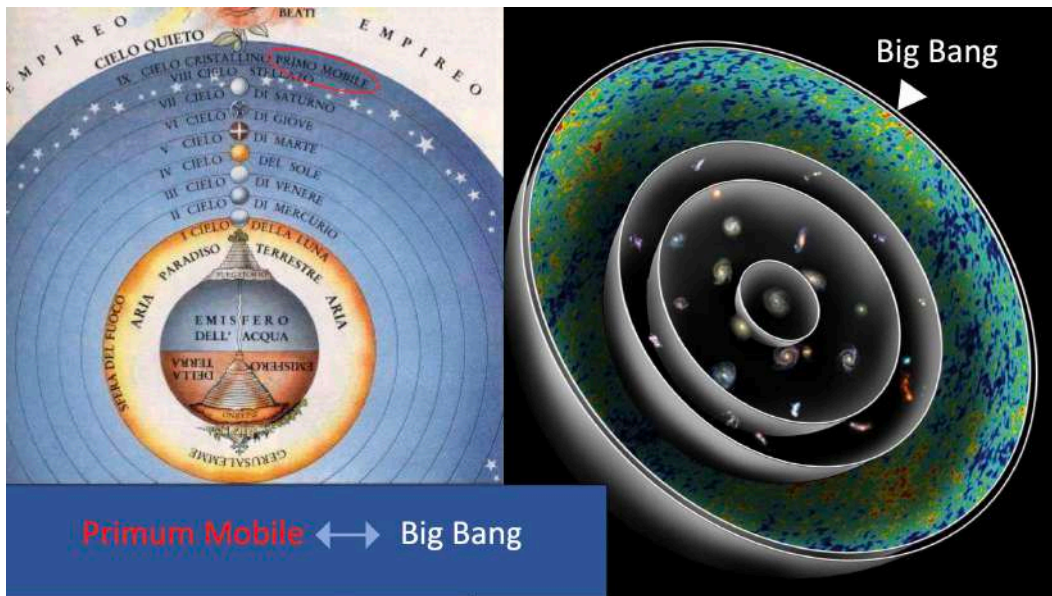
del Big Bang, che ha avuto luogo ovunque. Lì, l'epoca osservata coincide con l'età del mondo di 14 miliardi di anni; non può andare più indietro o oltre. Questa diagramma non rappresenta la struttura spaziale dell'universo, che non ha né un centro né un confine; rappresenta la struttura temporale del cosmo, poiché è il tempo che ha un “confine”, cioè un inizio. L'intera evoluzione dell'universo, dal Big Bang a oggi, si trasforma in una mappa sferica spazio-temporale. L'epoca attuale è al centro e il Big Bang o la sua immagine atemporale definisce il confine del cosmo osservabile.

Ora vengo al punto centrale... Spero che questa immagine vi sia in qualche modo familiare...



**(Fig. 14)** Se guardiamo il cosmo moderno dal punto di vista dell'osservatore in questo modo, notiamo un ritorno delle tre caratteristiche del cosmo antico-medievale: 1. il cosmo è sferico, 2. noi, come osservatori, siamo al centro e 3. il cosmo è strutturato gerarchicamente. Vediamo morfologicamente, cioè in termini di forma, un ritorno delle antiche sfere; naturalmente senza che queste sfere siano visibili; sono solo sfere immaginarie. Non si tratta di una ugualianza, ma di un'analogia, un'analogia morfologica. Come già detto, il globo del cosmo moderno non deve più essere pensato in modo spaziale, ma in modo spazio-temporale. Ed è proprio questa struttura temporale che comporta automaticamente una struttura gerarchica dall'alto verso il basso, perché la direzione del tempo o la direzione dell'evoluzione cosmica porta logicamente dall'inizio alla fine, e in questo schema è di nuovo dall'alto verso il basso.



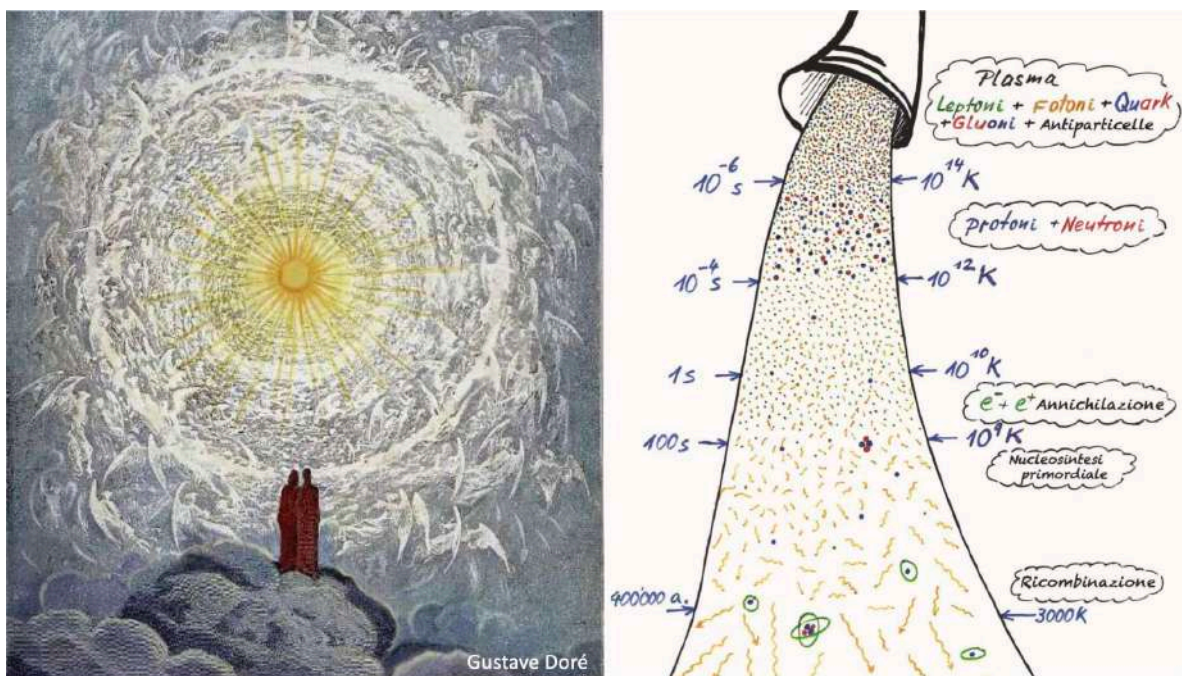


(Fig. 15) Con l'aggiunta medievale del Primum Mobile, il più alto cielo cristallino che chiude il mondo, l'analogia diventa ancora più chiara, perché il Big Bang, come immagine spaziale del momento della creazione, appare ora come il perfetto ritorno del Primum Mobile. Il Primum Mobile fungeva da cinghia di trasmissione del mondo intero; nel cosmo moderno, il Big Bang ha esattamente la stessa funzione: tutto nasce dal Big Bang, anch'esso è letteralmente il Primum Mobile – la prima cosa mossa.

Naturalmente, si potrebbe obiettare che questo paragone, questa analogia non può funzionare, anzi sembra del tutto ridicolo, perché il globo cosmico moderno, con un raggio di miliardi di anni luce, è quasi infinitamente più grande di quello antico. È vero, ma si tratta di un'argomentazione quantitativa. La qualità di una cosa, come la forma e la funzione, mi sembra più importante della quantità, delle dimensioni. Un'analogia si basa sempre su caratteristiche qualitative, non quantitative. Infine, per un uomo del Medioevo, il cosmo di Dante era inaccessibile e incomprensibilmente grande come lo è per noi il cosmo del Big Bang. Dopo tutto, il viaggio dantesco è fantascienza, non reale.

Certamente, per quanto riguarda le dimensioni dell'universo, dobbiamo ammettere che Giordano Bruno aveva e ha ragione. L'universo è *davvero* sconfinato e dal punto di vista della teoria è anche infinitamente grande. Dal punto di vista dell'osservatore, invece, l'universo è limitato e finito, come abbiamo visto. Vedo qui una complementarità tra questi due punti di vista, tra teoria e osservazione, e quindi anche una complementarità tra Dante e Giordano Bruno. Secondo me, il punto di vista dell'osservatore è preso troppo poco sul serio in cosmologia, a differenza della microfisica e della meccanica quantistica, dove la limitazione della possibilità di osservazione è fondamentalmente incorporata nella teoria. Nel seguente rimaniamo nella prospettiva dell'osservatore, dove troviamo queste sorprendenti analogie con il mondo dantesco...

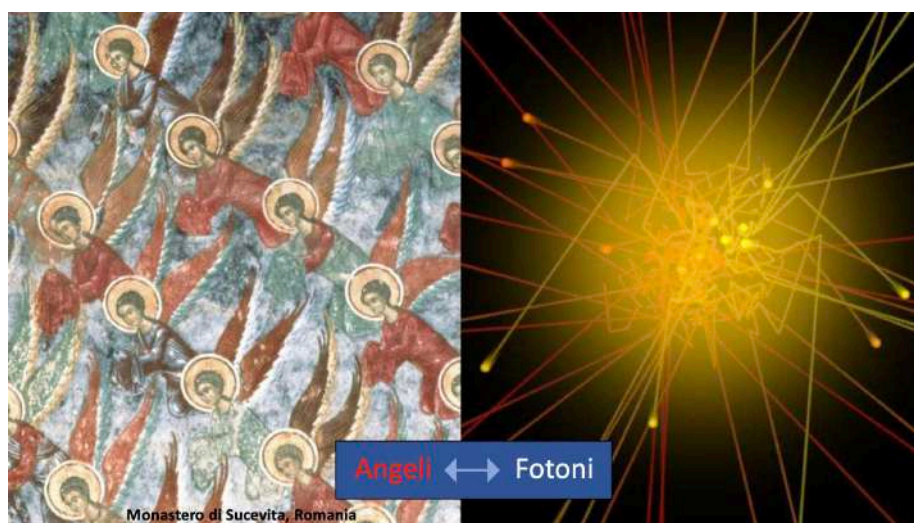
La struttura gerarchica del cosmo, che troviamo in Dante e nella cosmologia moderna, non si limita al movimento e alla causalità, che vanno dall'alto verso il basso. C'è anche un'analogia tra l'abbondanza o l'intensità della luce nel paradiso e il dominio della radiazione nell'universo primordiale. Nel nostro confronto schematico, entrambi si trovano nelle sfere superiori. Quando vola verso le stelle con Beatrice, Dante viene abbagliato più volte dal crescente splendore della luce divina. Nel cosmo moderno, con l'aumentare della distanza, cioè guardando sempre più indietro nel passato, la proporzione della radiazione nella densità energetica totale rispetto a quella della materia diventa incessantemente maggiore. Diventa anche più caldo e più denso; nel Big Bang era teoricamente infinitamente caldo e denso. Come già detto, i primi tempi dell'universo erano un brodo caldo di particelle.



(Fig. 16) Quando il pellegrino Dante arriva in cima al Primum Mobile, vede – specchiandosi nell'occhio di Beatrice – le milizie celesti, gli angeli, che girano intorno a Dio – Dio rappresentato come un singolare punto di luce al centro. L'ordine degli angeli è strettamente gerarchico. Come i buoni cattolici sapranno, esistono nove gradi o livelli o cori di angeli. Gli angeli più alti, più vicini a Dio e che gli girano intorno più velocemente, sono i serafini e i cherubini. Alla base della gerarchia ci sono gli arcangeli e gli angeli “ordinari”, che orbitano intorno al centro divino più lentamente e a maggiore distanza. L'intero quadro ricorda non poco il sistema solare eliocentrico, se scambiamo le entità spirituali, gli angeli, con le entità fisiche, i pianeti, e naturalmente il punto di luce divino con il sole. In realtà vedo qui una prefigurazione del sistema copernicano, 200 anni prima di Copernico! Ma questo è solo di passaggio. Ciò che è essenziale è che ogni grado degli angeli ha un effetto sul

grado inferiore successivo. Il tutto è una sorta di scala, di staffetta. I serafini vedono il divino più chiaramente e trasmettono la loro visione ai cherubini; questi ultimi trasmettono la visione, ora già un po' indebolita, al livello successivo, e così via fino agli angeli “ordinari”.

Torniamo ora agli inizi dell'universo, al brodo caldo primordiale. Non possiamo osservarlo direttamente; la prima cosa che possiamo vedere è il fondo cosmico a microonde. Ma l'epoca precedente, cioè i primi 400.000 anni dopo il Big Bang, può essere spiegata molto bene dal punto di vista teorico sulla base degli esperimenti condotti con gli acceleratori di particelle (ad eccezione della singolarità del Big Bang stesso). I processi fisici che hanno luogo durante questa fase calda sono mostrati schematicamente sulla destra della figura (Fig. 16). Non preoccupatevi, non posso entrare nei dettagli qui, è troppo complesso. Troverete tutto spiegato nel libro. Solo questo: il tempo scorre dall'alto verso il basso nel diagramma: ... un milionesimo di secondo..., un secondo..., 100 secondi dopo il Big Bang, eccetera, tutto molto abbreviato. Sul lato destro si trova la temperatura del brodo di particelle in Kelvin. Inizialmente è inimmaginabilmente alta, ad esempio dopo 100 secondi è ancora intorno a un miliardo di Kelvin – più caldo del centro del sole. La temperatura diminuisce costantemente a causa dell'espansione dell'universo. Dopo 400.000 anni, quando sono state inviate le particelle di luce che oggi riceviamo come radiazione a microonde, la temperatura è ancora di 3000 Kelvin, leggermente più fredda della superficie del sole. In poche parole, si verifica una serie di transizioni di fase, o meglio: una cascata di particelle. Le particelle e le antiparticelle di alta energia si trasformano gradualmente in quelle di energia inferiore. Anche in questo caso, come per gli angeli, si tratta di una sorta di staffetta: invece di una gerarchia di angeli, nel cosmo moderno troviamo una gerarchia di particelle.



**(Fig. 17)** Un'analogia particolarmente chiara e bella con gli angeli, che popolano anche la Divina Commedia, la vedo nei fotoni, i quanti di luce della fisica moderna. Sia i fotoni che gli angeli sono



particelle di luce che non hanno massa e sono pura energia; da qui anche il simbolismo delle ali. Nella fisica, i fotoni sono considerati come le cosiddette particelle messaggere o mediatori della forza elettromagnetica. Le particelle messaggere sono naturalmente anche gli angeli; “angelo”, “angelus” significa letteralmente “messaggero”; essi portano il potere divino e, secondo la visione medievale, mettono in moto tutto nel mondo, in primo luogo le sfere cosmiche. Gli angeli non sono di questo mondo, si limitano ad agire e ad apparire nel mondo, mentre in realtà abitano nel regno dell'eternità. Lo stesso si potrebbe dire dei fotoni, che si muovono sempre alla velocità della luce e non possono essere rallentati, perché il tempo si ferma completamente nel proprio sistema di riferimento. L'innunerevolezza degli angeli è proverbiale, e lo stesso vale per i fotoni, che sono miliardi di volte più numerosi di tutte le particelle di materia. Come si vede, c'è qualcosa da guadagnare dall'idea degli angeli anche nel mondo di oggi, se si vuole – per mezzo di analogie e senza contraddire i fatti scientifici.

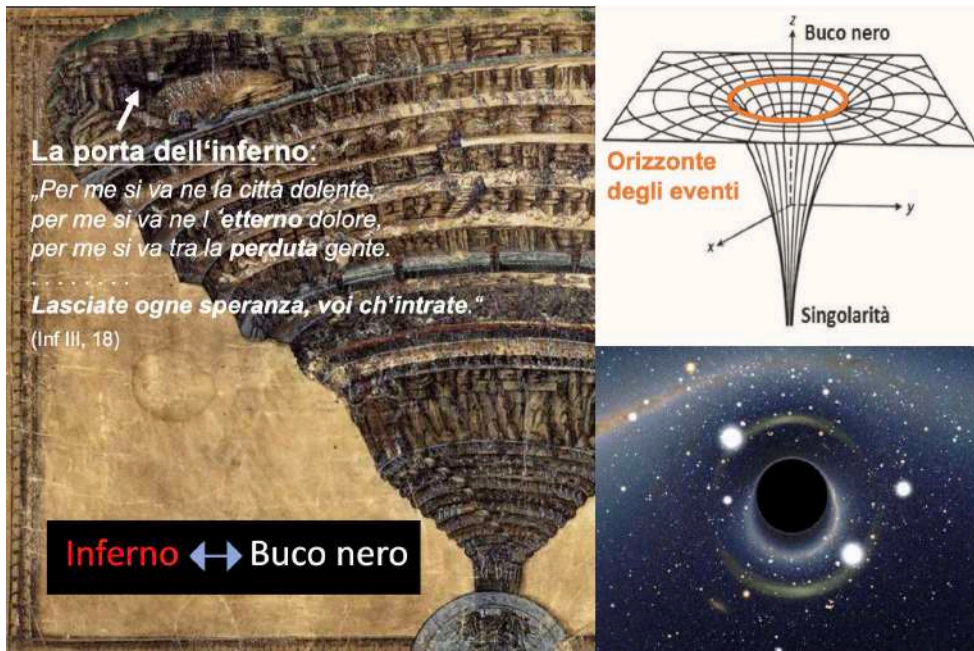
Parlando degli angeli – : secondo la tradizione, ci sono anche gli angeli “caduti” e il loro “capo”. Possiamo trovare analogie anche con l'inferno nella moderna visione del mondo della fisica?



**(Fig. 18)** Diamo un'occhiata più da vicino all'inferno. Ecco la famosa veduta dell'inferno dantesco di Sandro Botticelli. L'inferno ha la forma di un imbuto, un enorme cono posto sulla sua sommità, il cui vertice coincide con il centro della terra, cioè con il centro dell'intero cosmo. È qui che l'arcitraditore Lucifero è intrappolato nel ghiaccio. La parte superiore dell'inferno assomiglia a un anfiteatro o a una miniera con una serie di cerchi, quella inferiore a un pozzo. Si entra nell'inferno attraverso un portone o ingresso, sopra quale c'è un'iscrizione (in alto a sinistra nell'immagine): Dante la legge: *“Per me si va ne la città dolente, per me si va ne l'eterno dolore, per me si va tra la*

*perduta gente... Lasciate ogni speranza, voi ch'intrate.* “ Questo è probabilmente il verso più famoso della *Commedia* che tutti conoscono. Indica la caratteristica essenziale dell'inferno: una volta entrati nell'inferno, non si può più uscirne; l'inferno significa punizione eterna e prigionia eterna.

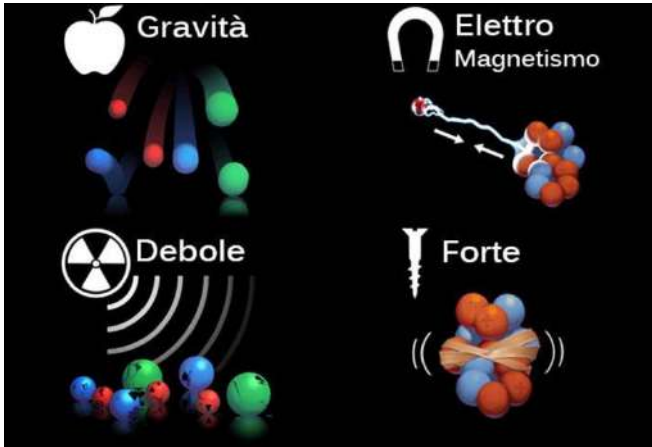
Di questo carattere esiste un oggetto analogo nell'astrofisica, un oggetto molto famoso, popolare:



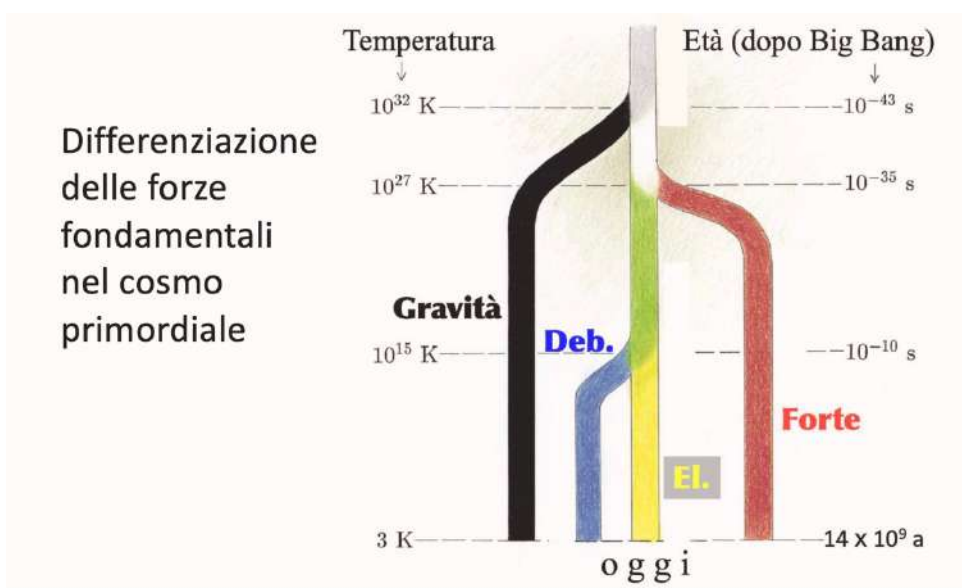
(Fig. 19) – il buco nero della teoria della relatività di Einstein. Se una massa, per esempio la massa di una stella, viene compressa oltre un certo limite, questo porta a un collasso totale. Come risultato non c'è più materia, ma solo spazio curvo attorno a una singolarità centrale. Nelle visualizzazioni abituali di questa situazione, il campo dell'effetto gravitazionale, ridotto a due dimensioni, è rappresentato da una superficie curva la cui pendenza è una misura della forza gravitazionale locale. Ed ecco l'immagine di un pozzo! Inoltre, il buco nero ha una sorta di porta proprio come l'inferno: c'è una distanza critica che non deve essere sottopassata, pena la prigionia eterna: è il cosiddetto “raggio di Schwarzschild” o “orizzonte degli eventi” del buco nero; nemmeno la luce può uscire da questo confine, da cui il nome “buco nero”.

Il simbolismo della gravitazione è molto chiaro. La gravità simboleggia il male o la spinta verso il male. Nel linguaggio colloquiale, ad esempio, si dice che il male “tira giù” qualcuno, o che un atto immorale fa “cadere” qualcuno, ecc. La singolarità centrale dell'inferno dantesco è occupata da Lucifero, che rappresenta, incarna e simboleggia il male stesso.

Il male non c'era fin dall'inizio. E anche la gravità non c'era fin dall'inizio... Vorrei spiegarlo brevemente. Per farlo, dobbiamo innanzitutto considerare le quattro forze fondamentali della natura, mostrate qui in modo schematico (**Fig. 20** sotto).



La gravità, o gravitazione, che agisce tra le masse, e la forza elettromagnetica, che agisce tra le cariche elettriche, entrambe con raggio d'azione infinito, ci sono familiari nella vita quotidiana. Inoltre, esistono altre due interazioni che agiscono solo su scala molto piccola: la cosiddetta forza “forte”, che incolla i nucleoni dei nuclei atomici, e la forza “debole”, ancora più volatile, che è coinvolta, ad esempio, nel decadimento del neutrone. Secondo un'ardita teoria dei fisici delle particelle, in parte ampiamente riconosciuta, in parte ancora molto speculativa, queste 4 forze fondamentali, che possiamo distinguere nell'attuale epoca cosmologica, non sono sempre state diverse, ma hanno formato un'unica “forza primordiale”, per così dire, poco dopo il Big Bang.





(Fig. 21 sopra) Da questa forza primordiale, si dice che le quattro forze fondamentali si siano differenziate in maniera fulminea, una dopo l'altra... come mostra il diagramma qui. L'ultimo passo della differenziazione, la separazione della forza elettromagnetica e della forza debole, è avvenuto dopo solo un decimo di miliardesimo di secondo dal Big Bang. Quindi tutto questo prima ancora della cascata di particelle che abbiamo visto in precedenza. L'intera evoluzione dell'universo è un processo graduale di dispiegamento dall'unità originaria. Può anche essere descritto come una continua rottura di simmetria. Dapprima le varie forze si dispiegano dalla forza primordiale, poi da essa emergono i diversi tipi di particelle. L'unificazione della forza elettromagnetica con la forza debole fa parte della cosiddetta teoria standard della fisica delle particelle. L'aggiunta della forza forte a energie più elevate, cioè in un momento ancora precedente, ancora più vicino al Big Bang, non è ancora compresa chiaramente. Comunque, il ruolo della gravitazione rimane del tutto speculativo, poiché non esiste ancora una descrizione teorica quantistica per essa. Dobbiamo tuttavia supporre che sia stata la prima forza a separarsi dall'unità originaria, cioè subito dopo il Big Bang ( $10^{-43}$  secondi dopo il Big Bang!).

Qui vedo un'analogia con una catastrofe cosmica come è scritta nella Bibbia, e soprattutto come è riportata nella *Divina Commedia*, cioè la caduta di Lucifero:

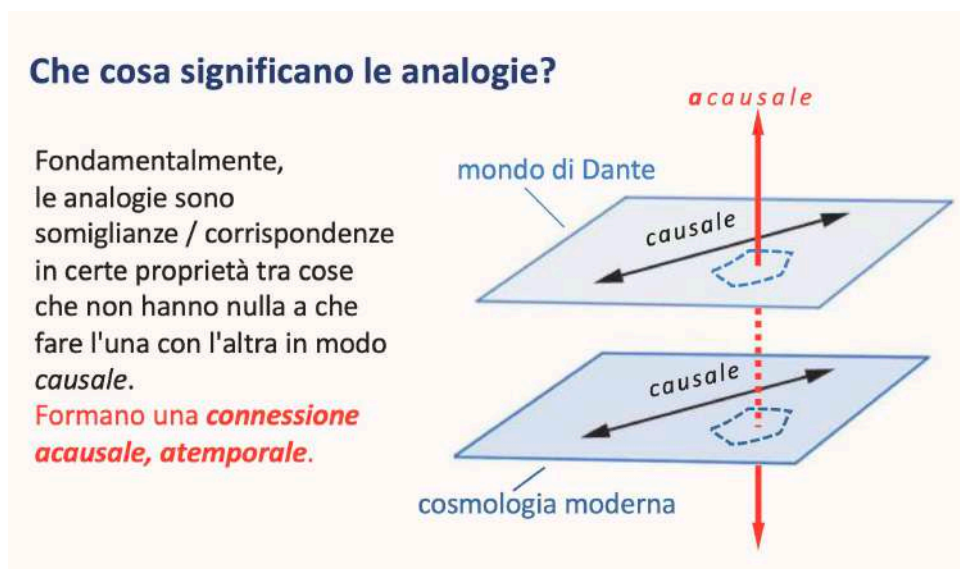


(Fig. 22) Si dice che un tempo Lucifero fosse l'angelo più bello e più alto dell'esercito celeste, un principe angelico, per così dire. Le sue origini luminose si ritrovano ancora nel suo nome, poiché Lucifero significa letteralmente "portatore di luce". Ma questo Lucifero era orgoglioso e voleva sedersi lui stesso sul trono dell'Altissimo. Come punizione, fu cacciato dal cielo insieme ai suoi seguaci. Nella descrizione dantesca, egli precipitò a testa in giù nella terra, al centro della quale ora

opera come principe dell'Inferno, l'epitome del male. In questo modo, l'Inferno e il Purgatorio si sono formati come danni collaterali. Possiamo quindi dire che il male ha strutturato il palcoscenico su cui si svolgono gli eventi della salvezza.

È proprio questo il ruolo della forza gravitazionale, che abbiamo descritto come simbolo del male: È la forza di gravità che modella tutte le strutture cosmiche nell'universo su larga scala e porta alla formazione di galassie e stelle. Soprattutto, però, stupisce l'osservazione di Dante sull'immediatezza della caduta di Lucifero dopo la creazione. Non appena il mondo e con esso gli angeli vengono creati, c'è una ribellione e gli angeli cadono immediatamente. Nelle parole di Dante: *“Né giugneriesi, numerando, al venti / si tosto, come de li angeli parte / turbò il soggetto d'i vostri alimenti”*. In altre parole: si potrebbe a malapena contare fino a 20 prima che accada. Certamente venti secondi sono più di 10 alla potenza di meno 43 secondi, come nel caso della “caduta” della forza gravitazionale, ma per il pensiero medievale un periodo di tempo sorprendentemente breve nel processo di creazione.

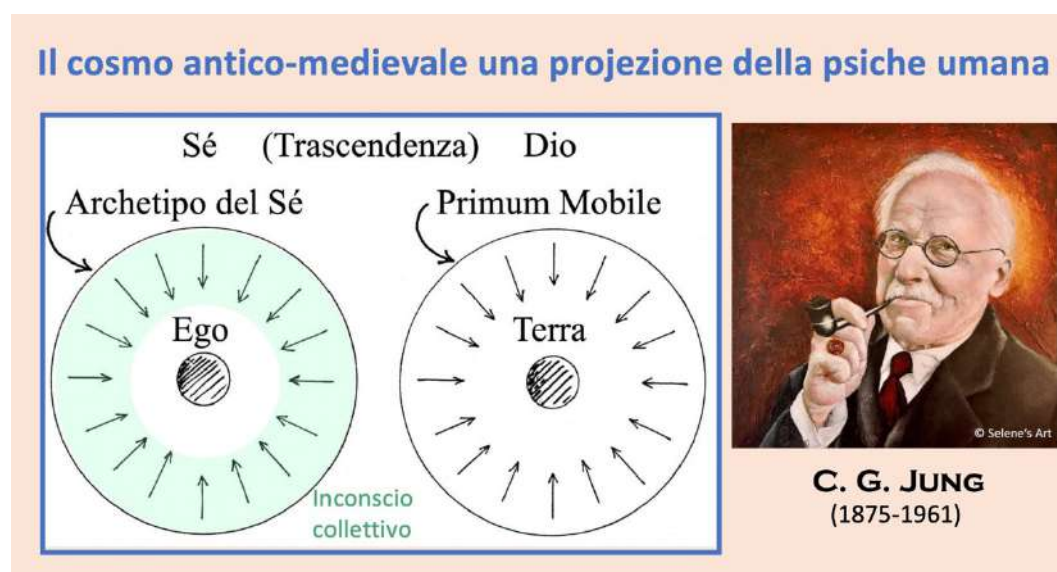
Ma lasciamo perdere queste analogie e chiediamoci: cosa possono significare queste analogie, come devono essere interpretate? –



**(Fig. 23)** Prima di tutto, che cos'è un'analogia? Non significa uguaglianza, ma somiglianza in un certo senso. In origine, nell'antica Grecia, l'analogia si riferiva a rapporti matematici (“analogia” significa anche letteralmente rapporto): ad esempio, il rapporto 2:1 era considerato analogo al rapporto 4:2, che naturalmente è matematicamente un'uguaglianza. Tuttavia, il termine è stato successivamente esteso per includere corrispondenze non solo quantitative, ma anche qualitative. È importante notare che un'analogia non afferma o stabilisce una relazione *causale*. Un'analogia è una somiglianza o una corrispondenza tra cose che non hanno nulla a che fare l'una con l'altra *in termini*

*causali*. È meglio immaginare che le cose che si stanno confrontando si trovino su piani paralleli che non si toccano da nessuna parte. Nel nostro caso, uno di questi piani sarebbe il mondo di Dante e, parallelamente, la visione del mondo della cosmologia moderna. Ci sono relazioni causali all'interno di questi piani, ma solo all'interno di essi, *non tra* di essi. Se poi troviamo forme simili tra le cose di questi piani – si tratta tipicamente di analogie morfologiche, di analogie di forma, a volte anche di analogie di funzione –, allora vediamo una connessione *non causale, acausale*, e quindi anche *atemporale*, per così dire ortogonale ai piani. Nel nostro caso: la cosmologia moderna non deriva da Dante, e certamente non il contrario. Si tratta, come si dice oggi in gergo, di universi paralleli.

Gli scettici possono ritenere che le analogie mostrate siano casuali o selezionate arbitrariamente. C'è poco da controbattere, perché non si può provare scientificamente una connessione *acausale*. Tuttavia, se si prendono sul serio le analogie – come faccio io – si cerca una base comune per queste due visioni del mondo. Quale potrebbe essere? Esiste una costante nonostante tutti i cambiamenti, nonostante tutti i progressi scientifici e tecnologici dei secoli? Credo che una costante sia l'uomo stesso, in particolare la psiche umana. Questo mi porta agli aspetti psicologici delle visioni del mondo. Di seguito faccio riferimento alla psicologia del profondo di Carl Gustav Jung.

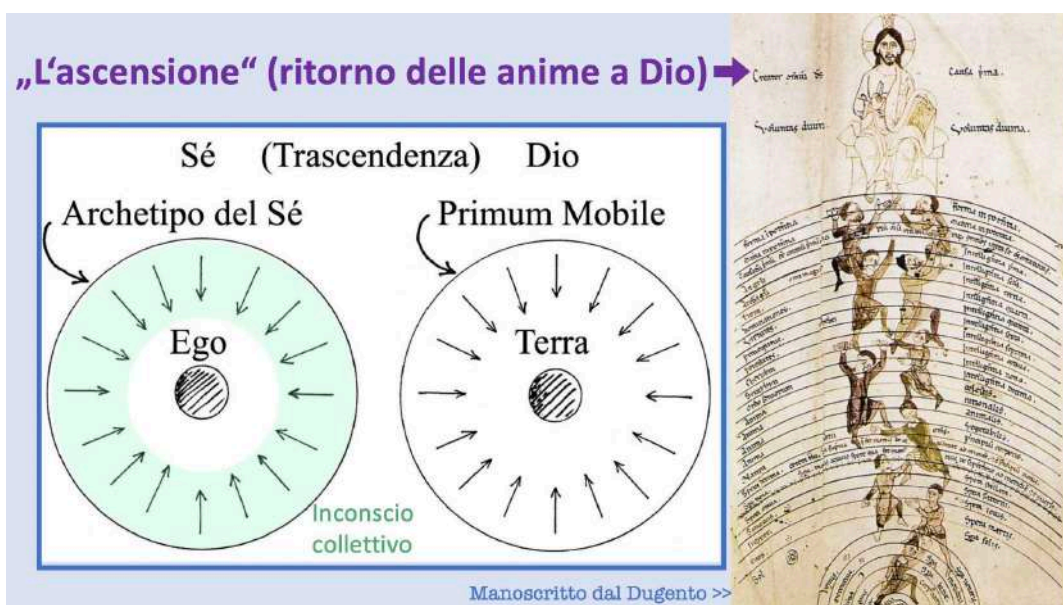


**(Fig. 24)** È comunemente noto che la nostra psiche ha una profondità oscura che non possiamo illuminare completamente con la nostra mente cosciente. Si tratta dell'inconscio, che ci influenza in tutto ciò che pensiamo e facciamo. Il campo cosciente, al centro della quale si trova l'Io, (l'Ego) è solo la punta di un iceberg, per così dire, la maggior parte del quale si trova sott'acqua. Jung distingue tra un inconscio personale, del cui contenuto possiamo almeno in linea di principio prendere coscienza, e un inconscio cosiddetto "collettivo" – nella zona più profonda, per rimanere in questa immagine – che è comune agli uomini di tutte le culture e di tutti i tempi. Jung ha postulato il



“sé” come polo opposto dell'ego, come nucleo e allo stesso tempo totalità della psiche, che comprende la coscienza e l'inconscio. Per Jung, la dinamica psichica, la nostra vita dell'anima, consiste nel fatto che il sé vuole realizzarsi, per così dire, attraverso l'integrazione dei contenuti dell'inconscio nella coscienza; Jung chiama questo processo “individuazione”. I motori o i fattori che portano a questo processo sono i cosiddetti “archetipi”, che, ad esempio, portano a immagini molto specifiche e tipiche nei sogni. L'archetipo più fondamentale è l'archetipo del sé, che porta alla coscienza simboli figurativi del sé, ad esempio sotto forma di mandala, che poi si manifestano anche nelle nostre espressioni culturali. Il sé stesso rimane trascendente, il suo simbolismo è indistinguibile dal simbolismo del divino.

A sinistra ne vediamo una rappresentazione schematica. Tali schemi – soprattutto se molto semplificati, come in questo caso – possono ovviamente essere fuorvianti, lo ammetto. Ciò che voglio suggerire con lo schema diventa immediatamente chiaro confrontandolo con il diagramma a destra, che mostra la struttura di base del cosmo antico-medievale. – Ritengo probabile che la visione del mondo antico-medievale sia essenzialmente una proiezione del mondo interiore psichico. Il processo psichico di proiezione è completamente inconscio, anche noi proiettiamo costantemente, è una costante antropologica. Laddove mancava ancora una conoscenza scientifica oggettiva del mondo esterno, le lacune venivano compensate da immagini interiori, nel nostro caso il paesaggio interiore dell'anima veniva, per così dire, sovrapposto alla cupola rotante del cielo notturno. Se mettiamo in relazione la terra con l'ego in questo modo, diventa anche chiaro quale tremendo sconvolgimento abbia significato la rivoluzione copernicana: mettere in moto l'ego!

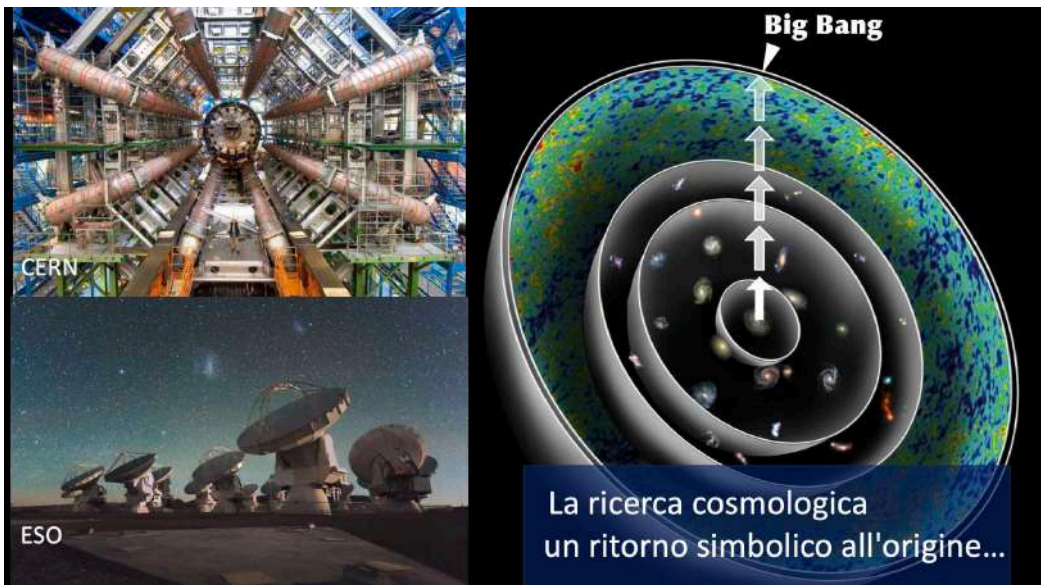


(Fig. 25 sopra) La tesi della proiezione diventa particolarmente plausibile quando ci si rende conto di cosa significhi in questo quadro l'ascensione delle anime defunte. Non è altro che un ritorno dell'ego al sé, proiettato verso l'esterno, un ritorno all'origine divina. Questo vale anche per le ascensioni che vengono visualizzate durante la vita.



(Fig. 26) E questo mi riporta a Dante. Anch'egli ascende al cielo, al paradiso, nella sua visione. L'intero viaggio fittizio di Dante nell'aldilà può (o deve) essere inteso come un viaggio del poeta attraverso il paesaggio della sua anima interiore. Il viaggio non comprende solo l'ascensione alla fine, ma inizia con la discesa all'Inferno. L'inferno è il lato oscuro della psiche; per Jung corrisponderebbe al lato oscuro dell'inconscio collettivo, il paradiso al lato chiaro dell'inconscio collettivo. E poi c'è il purgatorio. Nell'interpretazione junghiana, è l'inconscio personale, la personalità ombra, che dovrebbe essere integrata nella coscienza. Per Dante, questo corrisponde ovviamente al processo di purificazione, in senso figurato alla scalata della montagna del purgatorio. Solo dopo aver raggiunto la cima, il paradiso terrestre, il pellegrino, ormai purificato da ogni inclinazione peccaminosa, può iniziare il suo viaggio verso il cielo, guidato da Beatrice, la sua Anima, secondo le parole di Jung. Questo è anche ciò che dice l'ultimo verso della seconda cantica, il Purgatorio: “... *puro e disposto a salire alle stelle*”.

(Per inciso, dobbiamo questa grande interpretazione junghiana di Dante alla scomparsa psicoanalista italiana Adriana Mazzarella. Quasi vent'anni fa, tenne qui a Lucerna una serie di conferenze su questo tema per l'UniTre. Purtroppo me lo sono perso.)



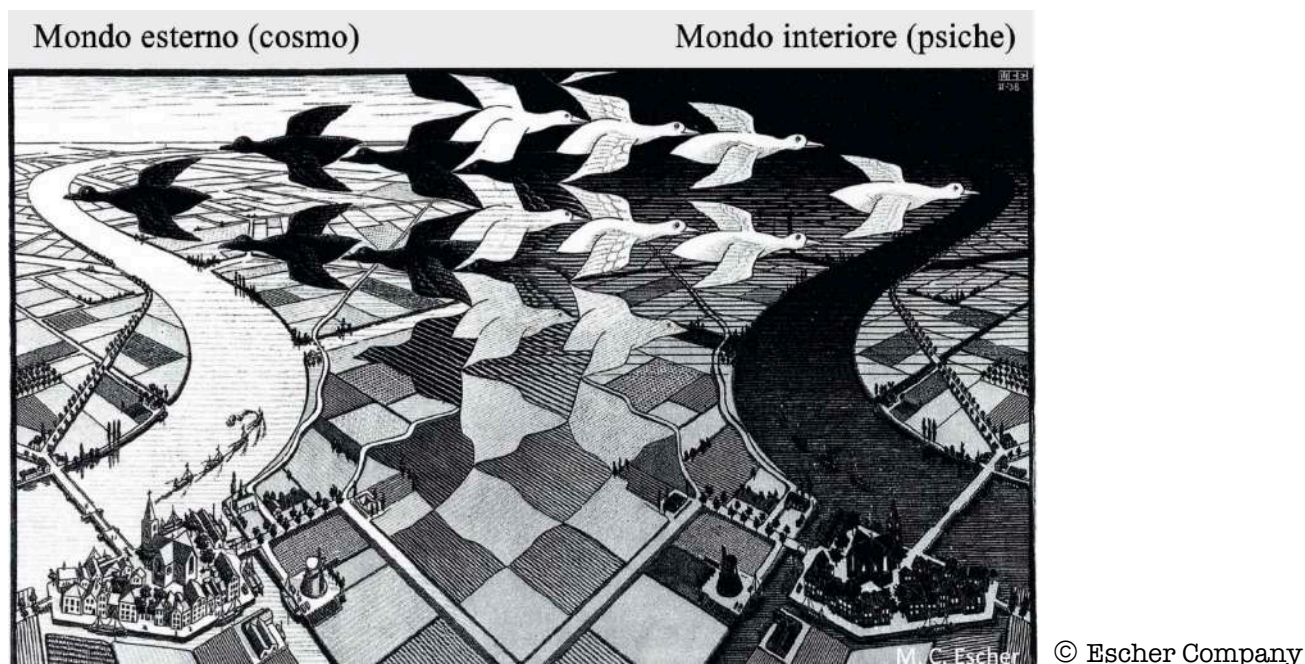
**(Fig. 27)** Passiamo ora (un po' bruscamente) al cosmo moderno. Anche qui riconosciamo una sorta di “ascensione”. L'immagine (a destra) mostra ancora una volta la struttura spazio-temporale e sferica del cosmo dal punto di vista dell'osservatore. Guardiamo alla ricerca spaziale: Con i nostri telescopi penetriamo nelle profondità dell'universo fino a una distanza in cui non ci sono più oggetti da osservare, perché in quel tempo non c'erano oggetti. È qui che entrano in gioco i fisici delle particelle elementari, che sperimentano e sviluppano teorie per comprendere le proprietà della materia ad altissime energie: In questo modo, e in questo schema, la ricerca spaziale si avvicina virtualmente al Big Bang. Spiegare la fisica del Big Bang, comprendere l'origine del mondo materiale, è forse l'obiettivo più nobile della fisica e dell'astronomia. Il Big Bang è l'Alfa e l'Omega, è la nostra origine – e la nostra fine, la destinazione finale della nostra ricerca. Quindi anche noi ricercatori stiamo facendo una sorta di viaggio virtuale a ritroso verso l'origine del mondo. Metaforicamente parlando, la nostra esplorazione dello spazio assomiglia a una ascensione, ma ovviamente solo nel senso profano. O in termini psicologici: un viaggio virtuale, proiettato all'esterno, verso il proprio sé – proprio alla maniera di Dante. Tutta la ricerca cosmologica è in definitiva soggetta esattamente allo stesso simbolismo psicologico. Credo che molti ricercatori lo percepiscano e ne traggano le motivazioni, ma inconsciamente! Il mio scopo è proprio quello di utilizzare queste analogie per portare alla luce, cioè alla coscienza, la spinta spirituale e psicologica della nostra ricerca.

Ovviamente, l'astrofisica intraprende anche un viaggio all'inferno – simbolicamente, metaforicamente – , quando pensiamo al buco nero. – E il purgatorio? È anch'esso – simbolicamente – percorso dalla ricerca...? Qui incontriamo una differenza decisiva rispetto a Dante. Ricordiamo: Dante parte dalla cima del Purgatorio, cioè inizia la sua ascensione solo dopo il processo di



purificazione (*puro a saliere alle stelle*, come disse quel verso); non può nemmeno tentarla prima. Noi, invece, prendiamo d'assalto il mondo ultraterreno delle stelle, “conquistiamo” l'universo senza aver purificato la nostra spinta, la nostra ben giustificata curiosità, da false e dannose inclinazioni. E questo è pericoloso. È un dilemma ben noto: lo sviluppo etico dell'umanità è in forte ritardo rispetto allo sviluppo scientifico e tecnologico; basti pensare alle guerre.

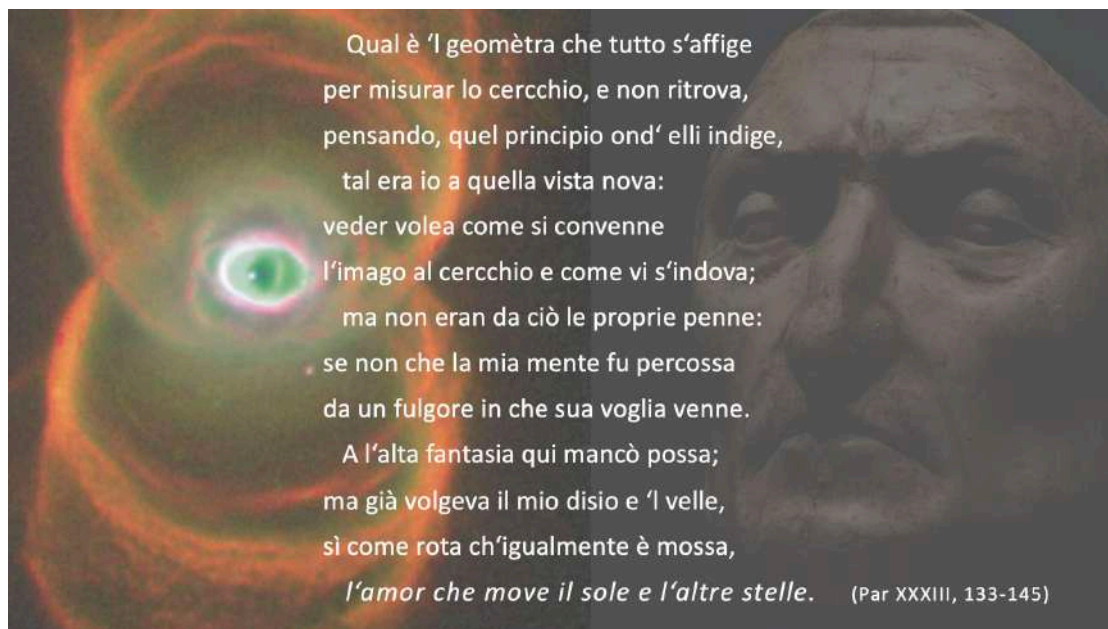
Ma vorrei esprimere un'altra riflessione finale. Come abbiamo visto, è plausibile che la visione medievale del mondo è essenzialmente un riflesso del mondo interiore psicologico, perché non esisteva un' esplorazione scientifica del mondo esterno in senso moderno. Al contrario, la visione moderna del cosmo si basa su osservazioni ed esperimenti oggettivi e riproducibili; immaginiamo che sia più di una semplice proiezione. Eppure troviamo queste analogie, somiglianze e corrispondenze tra le due visioni del mondo. Che cosa significa? Significa che deve esistere una stretta connessione tra il mondo fisico esterno e il mondo mentale interiore, un intreccio (entanglement), come si direbbe nella meccanica quantistica...



**(Fig. 28)** Il mondo esterno e il mondo interiore sembrano specchiarsi l'uno nell'altro, e ancora una volta non in modo causale. Questo è il grande mistero, forse il più grande mistero di tutti. In ultima analisi, è l'enigma della coscienza umana, che ovviamente non può essere risolto con i mezzi razionali della scienza e della filosofia. Si può “circondare”, accennare, rappresentare con mezzi artistici, pittorici o poetici; mi piace usare questo grafico di Escher (“day and night”). Oppure si può cercare di sfondare il muro del pensiero razionale e sperimentare direttamente la connessione tra il

“mondo interiore” e il “mondo esterno”, la loro unità, in una visione mistica (unio mistica). Queste persone “illuminate” sono esistite e continuano ad esistere in tutte le culture.

Il pellegrino Dante vive una simile esperienza alla fine del suo viaggio nell'aldilà. Dante la descrive negli ultimi versi della Divina Commedia, qui riprodotti in chiusura (**Fig. 29** sotto).



Si tratta del mistero della Trinità divina, e in particolare dell'inserimento dell'uomo in essa. Un mistero tanto trascendente, cioè non comprensibile con mezzi razionali, quanto il mistero della coscienza umana. Forse, in fondo, sono la stessa cosa...

Nell'Empireo, Dante vede la Trinità in una singolare visione: i tre aspetti della Trinità gli appaiono come tre anelli di colore diverso ma della stessa dimensione, e in uno di questi anelli gli appare un volto umano, il volto di Cristo, l' imago Dei. Cerca di capire questo mistero, ma non ci riesce, così come il matematico non compie la cosiddetta quadratura del cerchio. Così leggiamo:

*Qual è 'l geomètra che tutto s'affige... ma non eran da ciò le proprie penne: / – ora sta succedendo! – se non che la mia mente fu percossa / da un fulgore in che sua voglia venne.*

Questo colpo di folgore assomiglia a un momento di risveglio come quello vissuto dal buddista zen dopo intensi e inutili tentativi di comprendere un enigma koan. La visione di Dante giunge al termine, è per così dire scoppiata; l'alta fantasia si esaurisce. Dante si arrende a un potere superiore. La sua anima e il suo intelletto sono ora mossi dall'amore divino, che tiene in movimento anche il cosmo: *A l'alta fantasia qui mancò possa; / ma già volgeva il mio disio e 'l velle, / sì come rota ch'igualmente è mossa, / l'amor che move il sole e l'altre stelle.*

Così termina la Divina Commedia – così anche la mia conferenza. Grazie per la vostra attenzione!