

2. Il cosmo secondo la cosmologia “scientifica”

Dai racconti cosmogonici e teogonici dell'antichità greca, mesopotamica ed egizia, sulle origini del cosmo, passiamo ora ad offrire uno sguardo sul cosmo stesso, su come esso si strutturi e sia stato concepito nella cosmologia antica e moderna. La domanda che ci poniamo inizialmente è quale cosmologia possa dirsi “scientifica”? Ad un giudizio superficiale, verrebbe immediatamente da dire che la cosmologia biblica non è una cosmologia “scientifica”. D'altronde, come vedremo, parla di “inferi”, di “acque superiori”, di “cieli dei cieli”. Possiamo invece dire “scientifica” la cosmologia aristotelica e tolemaica? Anche qui, se ci basiamo sulle conoscenze attuali, dovremmo dire di no. Infatti sappiamo che non è la Terra a ruotare attorno al Sole. Allora è “scientifica” la teoria cosmologica copernicana e galileiana? Purtroppo anche in questa teoria, sia come intesa originariamente da Copernico, sia come successivamente concepita da Galilei, troviamo elementi non totalmente soddisfacenti e certamente superati dalla visione cosmologica contemporanea. Sarebbe quest'ultima, allora, la sola cosmologia “scientifica”? Non sappiamo cosa il futuro ci riserverà. Ma probabilmente il passato dovrebbe insegnarci i limiti di ogni tentativo teorico di dire l'ultima parola sul cosmo e sulle sue origini. Il cosmo come vedremo rimane qualcosa di misterioso ed inafferrabile da ogni tentativo umano di comprenderne in profondità il funzionamento e la sua origine. Inoltre il nostro modo di intendere la “scienza” non può più essere quello di ritenerla una conoscenza immutabile e definitiva, ma piuttosto un cammino critico di conoscenza, basato sulle osservazioni dei fenomeni naturali e sui tentativi di dare loro un senso unitario di comprensione. Se per scienza intendiamo questo, allora non ci sembra così assurdo inserire anche la cosmologia biblica all'interno del cammino della riflessione cosmologica “scientifica”.

2.1. La cosmologia biblica

Le visioni cosmologiche dell'antichità erano basate sia sull'osservazione naturale sia su convinzioni mitiche e religiose. La conoscenza della natura si intrecciava all'esperienza e all'immaginario religioso del tempo. Nella Bibbia troviamo infatti una concezione del cosmo, le cui tracce possiamo riscontrarle in particolare in diversi versetti dell'Antico Testamento. La Terra, abitata dagli esseri umani, è ritenuta circondata da un oceano, le acque inferiori, che nei miti di creazione biblici, sono state separate dalle acque superiori (“acque al di sopra dei cieli”), che si trovano sopra la distesa della volta celeste⁶. Queste acque superiori, secondo tale visione cosmologica, fluirono sulla terra al tempo del diluvio universale attraverso l'apertura delle “cateratte del cielo”, ovvero una sorta di finestrelle poste nella volta celeste. Dio invece abita ancora più in alto delle acque superiori, risiede nei “cieli dei cieli”⁷. Infine, sotto la terra è collocato il regno dei morti, gli inferi (da non confondere con l'inferno) o *sheol*⁸.

6 «Dio disse: "Sia un firmamento [distesa] in mezzo alle acque per separare le acque dalle acque". Dio fece il firmamento e separò le acque che sono sotto il firmamento dalle acque che sono sopra il firmamento. E così avvenne. Dio chiamò il firmamento cielo. E fu sera e fu mattina: secondo giorno. Dio disse: "Le acque che sono sotto il cielo si raccolgano in un unico luogo e appaia l'asciutto". E così avvenne. Dio chiamò l'asciutto terra, mentre chiamò la massa delle acque mare. Dio vide che era cosa buona» (Gen 1,6-10).

7 «Il Signore è seduto sull'oceano del cielo, / il Signore siede re per sempre» (Sal 29,10).

8 «Signore, hai fatto risalire la mia vita dagli inferi, mi hai fatto rivivere perché non scendessi nella fossa» (Sal 30,4). «E tu, Cafàrnao, sarai forse innalzata fino al cielo? Fino agli inferi precipiterai!» (Lc 10,15). «Ero morto, ma ora vivo per sempre e ho le chiavi della morte e degli inferi» (Ap 1,18). La discesa di Gesù negli inferi si riferisce dunque ad una salvezza universale che si estende per tutti gli uomini di tutti i luoghi e di tutti i tempi. Per ulteriori approfondimenti sulla cosmologia biblica rimandiamo a <https://www.biblistica.it/wp-content/uploads/2016/01/7.-Loceano-celeste-%d7%9e%d6%b7%d7%91%d6%bc%d7%95%d6%bc%d7%9c-mab%3%b9l.pdf>.

2.2. La cosmologia aristotelica e tolemaica: il sistema geocentrico

La cosmologia greca sviluppata in particolare da Aristotele (IV secolo a.C.) può essere considerata come un primo approccio “scientifico” alla comprensione del cosmo. Tuttavia si tratta di una osservazione “ad occhio nudo” nutrita dalla riflessione filosofica del tempo. La natura materiale e terrestre era colta attraverso quattro elementi fondamentali: la terra, l’acqua, l’aria e il fuoco. La terra è l’elemento più pesante e solido, l’acqua è liquida e più leggera (se immergiamo un sasso nell’acqua, esso scende sul fondo), l’aria è ancora più leggera dell’acqua e si trova su di essa, ed infine il fuoco, l’elemento più leggero di tutti (le correnti calde dei fiumi si innalzano sulla stessa aria). Da ciò deriva la struttura terrestre aristotelica. Andando ancora oltre si passa ai corpi celesti che sono concepiti come qualcosa di profondamente diverso da quelli terrestri. La zona o sfera terrestre (sub-lunare) è imperfetta, mentre quella celeste (dalla Luna in poi) è perfetta. La zona celeste si compone di più sfere celesti (la descrizione sferica è dovuta alla concezione della sfera come figura geometrica perfetta). Il materiale di cui sono composte le sfere celesti è denominato **etere** e, a differenza degli elementi terrestri, è incorruttibile. Le 8 sfere celesti sono nell’ordine: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove, Saturno e, infine, le stelle fisse. Si tratta dei satelliti e pianeti visibili ad occhio nudo (Luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno), il cui ordine di lontananza dalla Terra era ben rispettato, a cui si aggiungeva il Sole e tutte le stelle (considerate fisse) visibili ad occhio nudo.

Questo sistema geocentrico (la Terra al centro del cosmo) sarà ripreso e migliorato da Apollonio e Ipparco e, infine, da Tolomeo (attorno al 150 d.C.), che lo descriverà nell’opera *Almagesto*, termine che deriva dall’arabo *al-Magisti* e risale al greco *Meghiste*, ovvero “grandissima”. La cosmologia aristotelica subì alcuni cambiamenti, in quanto le osservazioni sul moto dei corpi celesti mostravano un andamento diverso da quello atteso, non totalmente circolare. I pianeti compivano orbite strane e nel loro percorso tornavano indietro e percorrevano altre traiettorie invece di proseguire in un moto totalmente circolare. Per ovviare a questo problema vennero introdotte altre orbite circolari, i cosiddetti *epicicli*, dei cicli più piccoli che i pianeti compivano regolarmente durante il loro periodo orbitale. Il sistema cosmologico aristotelico-tolemaico sarà ripreso ed esteso anche attraverso la prospettiva teologica nella concezione cosmologica di Dante Alighieri presente nella *Divina Commedia* (inizi del 1300).

2.3. La cosmologia copernicana e galileiana: il sistema eliocentrico

Sarà Copernico nel 1543 a proporre un’ipotesi scientifica diversa per descrivere i moti dei corpi celesti. La Terra non sarà più al centro, bensì il Sole. La teoria copernicana è descritta nell’opera *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sulle rivoluzioni dei corpi celesti*). La proposta di Copernico non sembra essere dovuta alla risoluzione del problema degli epicicli e di altri strani moti cosmici, ma alla centralità che nella sua visione teologica doveva avere il Sole:

«E in mezzo a tutto sta il Sole. Chi infatti, in tale splendido tempio [l’universo], disporrebbe questa lampada in un altro posto o in un posto migliore, da cui poter illuminare contemporaneamente ogni cosa? Non a sproposito quindi taluni lo chiamano lucerna del mondo, altri mente, altri regolatore. Trismegisto lo definisce il dio visibile, l’*Elettra* di Sofocle colui che vede tutte le cose. Così il Sole, sedendo in verità come su un trono regale, governa la famiglia degli astri che gli fa da corona» (*De revolutionibus*, X).

Se il Sole è posto al centro del sistema cosmico, tuttavia non siamo ancora in presenza del sistema eliocentrico come oggi inteso, infatti il centro di rotazione degli altri pianeti rimane la Terra, e tutti assieme ruotano attorno al Sole (per tale ragione rimane aperta la questione degli epicicli)⁹.

⁹ Così si esprime a riguardo lo storico della fisica Gianni Bonera: «Copernico tuttavia rimase vincolato all’idea platonica dell’esistenza di sfere in moto circolare ed uniforme (le *orbium coelestium* di cui si parla nel titolo stesso

L'ipotesi copernicana rimane fondamentalmente fedele alla filosofia della natura aristotelica: le orbite planetarie sono perfettamente circolari e la regione celeste continua a mantenere i suoi caratteri di perfezione ed immutabilità. Si mostrava per lo più come una ipotesi matematica alternativa con spiegazioni ancora eccessivamente complicate dei moti planetari. Forse anche per queste ragioni non ebbe un immediato successo. Tuttavia non venne osteggiata dagli ambienti ecclesiastici. Tra l'altro l'opera era stata dedicata a papa Paolo III.

Il cambio di paradigma, prima filosofico e poi scientifico, si ebbe con l'invenzione del cannocchiale (1609) ad opera di Galileo Galilei. Il sistema aristotelico viene in tal modo scardinato nella sua concezione filosofica di fondo: il mondo celeste non è così diverso dal mondo terrestre. Attraverso il cannocchiale è possibile osservare le superfici della Luna e degli altri pianeti osservando valli e monti proprio come sulla Terra, mentre sul Sole si possono scorgere delle macchie. Non sono dunque corpi perfetti ed immutabili, ma simili a quello terrestre:

«Bellissima cosa, e oltremodo a vedersi attraente, è il poter rimirare il corpo lunare, da noi remoto per quasi sessanta diametri terrestri, così da vicino, come se distasse soltanto due di dette misure; [...] e quindi con la certezza che è data dall'esperienza sensibile, si possa apprendere non essere affatto la Luna rivestita di superficie liscia e levigata, ma scabra e ineguale, e allo stesso modo della Terra, presentarsi ricoperta in ogni parte di grandi prominenze, di profondi valli e di anfratti» (*Sidereus Nuncius*, 1610).

Per tali ragioni Galilei divenne estremo sostenitore della validità scientifica del modello eliocentrico, da non considerare più come una mera ipotesi. Per via di un clima sempre più conflittuale si arrivò nel 1616 a mettere all'Indice dei libri proibiti l'opera di Copernico. A riguardo Galilei nella famosa lettera a Madama Cristina di Lorena così si esprimeva:

«dissimulando di sapere che Niccolò Copernico fu suo autore e più presto innovatore e confermatore, uomo non solamente cattolico, ma sacerdote e canonico, e tanto stimato, che, trattandosi nel Concilio lateranense, sotto Leone X, della emendazione del calendario ecclesiastico, egli fu chiamato a Roma sin dall'ultime parti di Germania per questa riforma. [...] a Paolo III, dedicò il suo libro delle Rivoluzioni Celesti, il qual, stampato pur allora, è stato ricevuto da Santa Chiesa, letto e studiato per tutto il mondo, senza che mai si sia presa pur minima ombra di scrupolo nella sua dottrina. La quale ora mentre si va scoprendo quanto ella sia ben fondata sopra ben manifeste esperienze e necessarie dimostrazioni, non mancano persone che, non avendo pur mai veduto tal libro, procurano il premio delle tante fatiche al suo autore con la nota di farlo dichiarare eretico; e questo solamente per soddisfare ad un lor particolare sdegno, concepito senza ragione contro di un altro, che non ha più interesse col Copernico che l'approvar la sua dottrina» (*Lettera a Cristina di Lorena*, 1615).

dell'opera) in cui sono rigidamente incastonati i pianeti, Terra compresa. Per evitare allora che l'asse terrestre modificasse la sua orientazione rispetto alle stelle, a causa della rotazione della sfera che trasporta la Terra intorno al Sole, fu necessario introdurre un terzo moto, quello di precessione dell'asse terrestre con periodo annuo. Per poter inoltre spiegare tutti i fenomeni, senza ricorrere ad equanti, si dovettero introdurre sfere eccentriche ed epicicli. Ne risultò alla fine un sistema la cui complessità era paragonabile, se non addirittura maggiore, di quella del sistema tolemaico. È da notare che, sebbene il Sole sia immobile, tutto il sistema non ruota intorno ad esso, ma intorno al centro dell'orbita della Terra, la quale conserva ancora un ruolo particolare nell'Universo. Si tratta cioè, più che di un sistema eliocentrico, di un sistema eliostatico. Anche le controdeduzioni che Copernico riporta in risposta alle obiezioni di Tolomeo contro il moto della Terra sono molto deboli, in quanto si basano ancora sulla fisica aristotelica. Se il sistema copernicano è visto come un puro artificio matematico alternativo per descrivere il moto dell'Universo (come del resto viene presentato nella premessa all'opera, introdotta, contro il volere o almeno all'insaputa di Copernico, ormai in fin di vita, dal teologo luterano Oslander, che ne curò la stampa) esso ha poco di innovativo. L'aspetto rivoluzionario dell'opera di Copernico risiede nel fatto che, dopo di lui, molti scienziati cominciarono a credere nella realtà fisica del modello» (G. BONERA, *Dal sistema tolemaico alla rivoluzione copernicana*, articolo presente al link <http://ppp.unipv.it/PagesIt/6Dif/6Videoconf/1VideoC.htm>).

Tuttavia le conferme sperimentali decisive per il sistema cosmologico eliocentrico arriveranno soltanto attorno alla metà del XVIII secolo.

2.4. La cosmologia spaziale e l'evoluzione dell'universo

Attraverso lo studio dei segnali elettromagnetici provenienti dalle stelle e dalle sorgenti più lontane nello spazio-tempo, si è giunti gradualmente alla teoria dell'evoluzione cosmica. Ovvero, al fatto di trovarci in un universo in espansione e in perenne crescita. Grazie alla teoria della relatività generale di **Albert Einstein**¹⁰ e all'osservazione della "recessione" delle galassie (ogni galassia si allontana da tutte le altre), si è giunti all'ipotesi del Big Bang. Andando indietro nel tempo, le galassie dovevano essere più vicine tra loro e l'universo stesso doveva essere più piccolo, fino a concentrarsi in un punto.

La scoperta dell'espansione delle galassie è avvenuta attraverso l'osservazione di uno spostamento verso il rosso dello spettro elettromagnetico della luce emessa dalle galassie. Una luce rossa indica una frequenza minore ovvero un'onda più lunga, mentre una luce blu indica una frequenza maggiore ovvero un'onda più corta. Le galassie che si allontanano da noi mostreranno una luce rossa, mentre quelle che si avvicinano a noi avranno una luce blu. L'osservazione astronomica mostrava che tutte le galassie avevano un colore rosso, ovvero che tutte si allontanavano da noi ed anche le une dalle altre. La legge empirica scoperta indipendentemente da **Edwin Hubble** (1929) e dal sacerdote cattolico belga **Georges Lemaitre** (1927) afferma che quanto più grande è la distanza della galassia, tanto maggiore è il suo spostamento verso il rosso (*legge di Hubble-Lemaitre*). Inizialmente tale legge portava soltanto il nome di Hubble, ma recentemente, nel 2018, l'*Unione Astronomica Internazionale* ha riconosciuto il contributo fondamentale di Lemaitre¹¹.

2.5. Osservazioni conclusive

La cosmologia scientifica odierna ha ormai risolto tutti i problemi sulla comprensione del cosmo? Assolutamente no! Tra i problemi principali quelli della materia dell'universo. La materia luminosa, ovvero quella che emette segnali elettromagnetici, è solo il 5% di tutta la materia presente nell'universo, il resto è chiamata **materia oscura** (25%) ed **energia oscura** (75%). Ovvero il 95% dell'universo è fatto di qualcosa che non sappiamo cosa sia. Il cosmo continua a restare un grande mistero.

Tommaso d'Aquino, a proposito della scienza cosmologica del suo tempo, quella aristotelica e tolemaica, scriveva: «Le ipotesi alle quali gli astronomi antichi sono giunti, non sono necessariamente vere; anche se sembra che, ammesse tali ipotesi, esse siano risolutive, non c'è bisogno di dire che esse sono vere: perché **può darsi che le osservazioni astronomiche si possano descrivere in un altro modo non ancora afferrato dagli uomini**» (Tommaso, Commento al *De coelo*).

Il cosmologo **Piero Benvenuti**, professore ordinario presso il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Padova, ritiene che dall'analisi della storia della cosmologia scientifica pre-moderna e moderna possiamo ritenere le seguenti acquisizioni:

10 Einstein ha formulato due teorie della relatività: la relatività speciale, basata sulla costanza della velocità della luce ed avente come conseguenza la relatività del tempo (il tempo è relativo al sistema di riferimento), e la relatività generale, secondo cui la massa curva lo spazio (esempio dell'eclisse di Eddington e delle onde gravitazionali) e, pertanto, anche lo spazio non è assoluto, ma relativo.

11 Per ulteriori approfondimenti sulle questioni cosmologiche odierne rimandiamo alla voce "cosmologia" del *Dizionario Interdisciplinare di Scienze e Fede* curata da William Stoeger e consultabile anche online al link <https://disf.org/cosmologia>.

1. La scienza deve continuare ad interpretare razionalmente i dati sperimentali nella **fiducia** di poter costruire un modello sempre più adeguato alla spiegazione dei fenomeni naturali.
2. Il metodo scientifico galileiano (sensate esperienze e necessarie dimostrazioni) ha una enorme potenza esplicativa della natura.
3. La scienza non può dimenticare il monito galileiano di non “tentar di penetrar l’essenza vera ed intrinseca” della realtà, ma di restare nell’ambito delle “affezioni”.
4. L’origine dell’universo, ovvero la sua “ragion d’essere”, esula dallo statuto del metodo scientifico e non può quindi essere con esso indagata.
5. Tuttavia, l’essere umano non può accontentarsi di “rinunciar a tentare l’essenza”, ma per fare questo dovrà allargare gli orizzonti della razionalità attraverso la riflessione filosofica e teologica, per ritornare ad un’unità di indagine e di comprensione.
6. Assieme a Teilhard de Chardin occorre rivedere sostanzialmente la distinzione netta tra materia e spirito, c’è una continuità di evoluzione, per cui lo spirito è unito alla materia: noi siamo la coscienza dell’evoluzione cosmica.

Papa Francesco nella *Laudato Si'*, al capitolo secondo parla de “Il Vangelo della Creazione” e al terzo paragrafo de “Il mistero dell’universo”:

«Il traguardo del cammino dell’universo è nella pienezza di Dio, che è stata già raggiunta da Cristo risorto, fulcro della maturazione universale [nota 53: in questa prospettiva si pone il contributo del P. Teilhard de Chardin]. In tal modo aggiungiamo un ulteriore argomento per rifiutare qualsiasi dominio dispotico e irresponsabile dell’essere umano sulle altre creature. **Lo scopo finale delle altre creature non siamo noi. Invece tutte avanzano, insieme a noi e attraverso di noi, verso la meta comune, che è Dio**, in una pienezza trascendente dove Cristo risorto abbraccia e illumina tutto. L’essere umano, infatti, dotato di intelligenza e di amore, e attratto dalla pienezza di Cristo, è chiamato a ricondurre tutte le creature al loro Creatore» (*Laudato Si'*, 83).