



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Dipartimento di Fisica e Astronomia

Tesina di storia

CORSO:

Storia della fisica

DOCENTE:

G. Peruzzi

ANNO ACCADEMICO:

2020/2021

CANALE:

A-L

Dati della studentessa

Aurora Leso

1187622

aurora.leso@studenti.unipd.it

DATA DI CONSEGNA

4-02-2021

Introduzione

Come è fatto il nostro mondo? Cosa lo circonda?

Sono domande che ad ora sembrano banali, ma che fungono da base di una serie di altri dubbi che continueranno, anche in futuro, a solleticare la curiosità umana. Di fatto, proprio da quando l'uomo iniziò a interrogarsi sulle caratteristiche di ciò che poi verrà chiamato *Universo*, si può cominciare ad analizzare la storia di quella scienza ad oggi nota come **cosmologia**.

Cosmologia: Scienza che studia la struttura e l'evoluzione dell'Universo.

-Treccani

A partire dalle prime civiltà di cui abbiamo testimonianza, non mancano teorie riguardo la forma della terra e del cosmo. Fu però solo con i Greci che si cominciarono ad elaborare teorie più complesse, alcune meno legate al mito e con ragionamenti in grado di sostenerle, anche se questi ultimi raramente erano supportati da evidenza sperimentale. Il percorso che ha come termine, per questa analisi, concetti come la non finitezza, l'eliocentrismo e diversi altri ad oggi associati, è tutt'altro che lineare.

Un percorso cosmico: le ipotesi dai Greci a Newton

Un primo modello cosmologico, appoggiato fino al IV secolo a.C, è definibile “**a due sfere**”:

"La Terra era una minuscola sfera sospesa e ferma nel centro geometrico di una sfera molto piú grande e ruotante, che portava le stelle. Il Sole si muoveva nel vasto spazio fra la Terra e le sfera delle stelle. Al di fuori della sfera esteriore non c'era nulla; né spazio né materia, nulla. [...] Una sfera interna per l'uomo e una sfera esterna per le stelle "

Thomas S. Kuhn, *La rivoluzione copernicana* (1957)

Secondo questo modello, l'eclittica è un cerchio massimo della sfera che il Sole, rotante attorno alla Terra, percorre in 365 giorni e un quarto.

Altra teoria, decisamente precorritrice dei tempi, era quella dello sconfinato e vuoto universo con infiniti atomi di **Democrito e Leucippo** (V sec. a.C.), per i quali la Terra era solo uno dei tanti corpi celesti derivanti da aggregazioni atomiche, non singolare e non immobile. L'abbandono della finitezza cosmica, della singolarità della terra e della sua immobilità sono tutti grandi passi avanti che non vennero accettati dai contemporanei, per poi essere riprese e dimostrate molti secoli dopo.

Un altro modello, anch'esso sorprendentemente all'avanguardia, fu quello di **Aristarco di Samo** (310 a.C – 230 a.C.), a cui si riconosce il titolo di **primo aperto sostenitore dell'eliocentrismo, nonché della rotazione terrestre attorno al proprio asse**. Egli ipotizzò persino, basandosi solo sull'intuizione e sulla sua forte convinzione della correttezza della teoria eliocentrica, che

"Le stelle, essendo fisse, avrebbero dovuto mostrare un moto annuo apparente nel cielo, a causa della variazione della posizione della Terra rispetto a loro mentre compiva il suo moto intorno al Sole."

On the Sizes and Distances of the Sun and the Moon (c. 250 a.C.)

Questo moto apparente doveva essere un'ellisse (egli predisse di fatto quella ad oggi nota come parallasse annua, e soltanto nel 1838 fu possibile determinare quella della stella più vicina a noi) e, dato che non si osservava, Aristarco suggerì che le stelle fisse si collocassero a distanze molto maggiori del diametro dell'orbita terrestre.

Persino **Platone** (428/427 a.C.-348/347 a.C.) parla dell'Universo, approfondendo la sua idea di cosmo nel **Timeo** (c. 360 a.C.), in una versione fortemente legata al mito: nella pratica, l'universo Platonico è circolare e al suo centro si colloca immobilmente la Terra, anch'essa ipotizzata essere una sfera perfetta (nonostante l'ammissione di non poterlo dimostrare).

Anche il noto **Aristotele** (384 a.C. o 383 a.C. – 322 a.C.) si occupò in dettaglio di dare una forma all'Universo: per lui questo era sferico (forma perfetta) e finito (aveva un centro, il centro della Terra, e dunque non poteva non aver fine). Anche la Terra era sferica ed immobile, come prova a dimostrare nell'opera *De Caelo* (c. 350 a.C.). **L'universo aristotelico è strettamente gerarchico, e ogni pianeta segue una strada determinata da un preciso numero di sfere**, riprendendo queste ultime dalle idee di **Eudosso di Cnido**(390 a.C.-337 a.C.).

Secondo Eudosso esistono delle sfere omocentriche corrispondenti a ciascun pianeta, rotanti di moto uniforme, seppur con velocità diverse e diverse inclinazioni rispetto alle altre. Egli impose sostanzialmente la condizione di ugual distanza di ogni pianeta dalla Terra: l'unico obiettivo di questa teoria, come si può intendere, era puramente matematico, e coincideva con la necessità di risolvere il problema secondo cui, osservando il moto dei pianeti, questo non si mostrava né uniforme né circolare. A nessuno importava dunque di dimostrare che queste sfere esistessero, né tanto meno si tentò di spiegare perché si muovessero come illustrato in precedenza. Proseguendo sulla linea d'onda di questa astronomia più matematica, **Apollonio ed Ipparco** dal III sec. a.C. svilupparono l'idea secondo cui il moto di un pianeta poteva esser spiegato dal movimento uniforme dello stesso lungo la circonferenza di un cerchio (**epiciclo**) il cui centro ruotava uniformemente lungo la circonferenza di un altro cerchio (**deferente**) eccentrico rispetto alla Terra, ancora immobile e rappresentante il centro cosmico. In pratica, si giustifica la varietà dei moti introducendo un numero corretto di epicicli e, ricorrendo agli equanti (altri cerchi non fisicamente interpretabili) si spiegava anche la distanza variabile dei pianeti dalla Terra, contraddicendo di fatto l'ipotesi di Eudosso.

Ma per Aristotele, che si indirizzava verso una ricerca più fisica rispetto agli studiosi sopra citati, non era chiaro come si impedisse l'interferenza tra moto delle sfere esterne ed interne. Questo lo portò a prendere le distanze dell'idea di un pluriverso di sfere omocentriche, ricercando un universo più unitario. Lo studioso ipotizza dunque

un meccanismo di 22 sfere cristalline, non più puramente geometriche, disegnando però una visione universale troppo complessa, che portò quindi i contemporanei (e i posteri) all'allontanamento dallo strumento matematico in ambito cosmologico. La gerarchia universale aristotelica venne comunque abbracciata dai filosofi medievali, in quanto facilmente adattabile alle esigenze religiose del periodo.

Sfortunatamente, questi grandi passi avanti subirono una brusca interruzione dopo soli due secoli: il mondo scientifico cadde in un baratro scavato dalle chiuse visioni mitologiche. I romani implementarono le scoperte scientifiche greche ma non aggiunsero nulla alla cosmologia: solo nel II secolo d.C. si ebbe una nuova teoria ad opera del sopra citato **Tolomeo**(c. 100 - c. 175), del tutto in linea con il pensiero geocentrico.

Nella concezione tolemaica il sistema Solare è una sfera collocata al centro dell'universo, di cui una Terra piatta e immobile ne è centro. Attorno ad essa ruotano Sole, Luna e pianeti su una serie di orbite concentriche, fino alla sfera delle stelle fisse, confine di un Universo evidentemente piatto e finito.

Dal punto di vista matematico, nell' *Almagesto* Tolomeo riprende ed approfondisce questioni riguardanti gli eccentrici, epicicli ed equanti precedentemente menzionati. E' un'astronomia che sembra ancora tanto astratta e matematica, in contrapposizione con le più reali sfere aristoteliche: tuttavia, per le successive teorie spesso gli studiosi si ritrovarono a non escludere una teoria in favore dell'altra, prendendo da ognuna ciò che più si adattava alla sua idea, come fece Copernico.

Con *De revolutionibus orbium coelestium*(1543), posteriore alla prima bozza intitolata *De hypothesibus motuum coelestium commentariolus* (1510-12), il polacco **Niccolò Copernico** (1473-1543) sostituisce al sistema geocentrico il sistema eliocentrico: **l'universo copernicano è ancora finito e pieno, delimitato dalle stelle fisse, ma al suo centro c'è il Sole, attorno a cui ruotano i pianeti, tra cui la Terra.** Per lo studioso il centro della Terra non è il centro non del cosmo ma solo dell'orbita lunare. Come anticipato, Copernico non elimina l'ipotesi degli eccentrici ed epicicli , né tanto meno la possibilità delle sfere solide, ma le sue ipotesi sono da considerarsi rivoluzionarie.

Questa teoria gli portò nel lungo termine una grande fama, ma nell'immediato ottenne la scomunica da parte della Chiesa e molte critiche da parte dei contemporanei: purtroppo, il sistema copernicano aveva anticipato eccessivamente i tempi, e venne ignorato per mezzo secolo.

Creò un compromesso tra ipotesi copernicane e necessità religiose il danese **Tycho Brahe**(1546-1601) che cercò di fondere eliocentrismo (sfruttando le teorie copernicane e i suoi benefici matematici) e geocentrismo (per accontentare la Chiesa).

Egli presenta la sua teoria nel capitolo VIII del *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus* (1588): fondandosi sulle previe ipotesi del greco **Eraclide Pontico** (387 a.C.-312 a.C.), crea un sistema secondo cui i pianeti (i 5 noti, ossia Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno) ruotano attorno al sole, mentre Sole e Luna ruotano attorno alla terra, superando la possibilità dell'esistenza delle aristoteliche sfere cristalline. Egli esclude anche la rotazione terrestre, nonostante quasi tutti i sostenitori del geocentrismo dell'epoca avessero comunque accettato la non immobilità della Terra.

Tanti altri nel periodo analizzato ora si occuparono della questione cosmologica: a fine 500 **Filippo Bruno** (più frequentemente noto come Giordano Bruno (1548-1600)) pubblica una serie di libri, il poema *De Immenso*, in cui esamina gli scritti aristotelici con il fine di sfatare la maggior parte delle teorie inerenti la struttura cosmica allora comunemente accettata.

L'universo bruniano è infinito, al contrario di quello di Copernico, con il quale egli si trova completamente d'accordo riguardo le altre ipotesi sull'Universo. Fu proprio questa sua idea, assieme a diverse altre, a indurre la Chiesa a condannarlo al rogo il 17 febbraio 1600.

Apporto più incisivo rispetto a quello di G. Bruno riguardo l'affermazione del sistema copernicano fu quello di **Johanes Kepler** (1571-1630), assistente di T.Brahe, che, oltre a riprendere con più convinzione le teorie copernicane, indaga e **sostituisce forze completamente fisiche** (di natura magnetica e insite nel sole) **a quelle divine per il moto planetario**, arrivando a spiegare scientificamente le orbite ellittiche dei pianeti attorno al sole.

La più grande eredità che abbiamo dello scienziato, ad oggi, sono le sue tre leggi:

«L'orbita descritta da un pianeta è un'ellisse, di cui il Sole occupa uno dei due fuochi.»

«Il segmento (raggio vettore) che unisce il centro del Sole con il centro del pianeta descrive aree uguali in tempi uguali.»

«I quadrati dei tempi che i pianeti impiegano a percorrere le loro orbite sono proporzionali al cubo delle loro distanze medie dal Sole.»

Queste vengono presentate da Keplero in *Astronomia Nova* (1600-1616) per le prime due, e in *Harmonices Mundi* (1619) per la terza.

Come si può notare, passo dopo passo, gli studiosi si stavano allontanando con sempre più forza dalle convinzioni ecclesiastiche.

Fu però solo grazie alle scoperte di **Galileo Galilei** (1564-1642), contemporaneo a Keplero, e poi agli scritti di **Isaac Newton** (1643-1727) che il geocentrismo venne finalmente abbandonato, a favore del sistema copernicano.

Galileo afferma la sua adesione all'eliocentrismo in una lettera diretta a Keplero già nel 1597 e, successivamente, il 13 marzo 1610, dopo le sue osservazioni sperimentali grazie al cannocchiale, pubblica il ***Sidereus Nuncius***, inaugurando la **cosmologia moderna**. Nonostante la sua grande importanza, questo scritto entra ovviamente nell'indice dei libri proibiti dalla Chiesa. Galileo pubblica poi, nel 1632, il ***Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo***, che si guadagna il titolo di proibito appena un anno dopo, in quanto contraddice ancora più aspramente il sistema tolemaico-aristotelico a favore di quello copernicano:

«... da osservazioni più volte ripetute siamo giunti alla convinzione che la superficie della Luna non è affatto liscia, uniforme ed esattamente sferica, come di essa e degli altri corpi celesti una vasta schiera di filosofi ha ritenuto, ma al contrario, diseguale, scabra, ricca di cavità, ricca di sporgenze non altrimenti che la faccia della stessa Terra ...»

Per fare un esempio delle sue confutazioni, Galileo paragona un corpo celeste e immutabile come la Luna ad un qualcosa di impuro come la Terra: un oggetto celestiale viene riportato al pari della materia corruttibile. Galileo spiega poi, nelle pagine seguenti, che la Luna deve la sua luminosità proprio alle sue scabrosità, e non alla sua ipotetica levigatezza come nel sistema aristotelico, portando una serie di prove a favore delle sue teorie. Questo non fu abbastanza per convincere i contemporanei, ma Galileo ne era perfettamente consapevole, ancora prima di pubblicare i suoi scritti:

«Però, signor Simplicio, venite pure con le ragioni e con le dimostrazioni, vostre o di Aristotile, e non con testi e nude autorità, perché i discorsi nostri hanno a essere intorno al mondo sensibile, e non sopra un mondo di carta.»

G.Galilei, *Dialogo Sopra i due massimi sistemi del mondo*.

dice Salviati a Simplicio nella II giornata del *Dialogo*: la Chiesa e il mondo circostante non erano pronti per accettare questo passo avanti, proprio perché si rifiutavano di mettere in discussione quelli che erano per loro dei pilastri fondamentali, anche di fronte all'evidenza sperimentale.

Sarà quindi Newton con il *Philosophiae naturalis principia mathematica* (trad. "*Principi matematici della filosofia naturale*") a cancellare definitivamente le teorie

geocentriche a favore dell'eliocentrismo, dimostrando in modo ancora più preciso le predizioni kepleriane. Accantonando le sfere tolemaiche, l'Universo non aveva alcun motivo per avere dei confini, come avevano predetto G.Bruno e ancora prima i greci Democrito e Leucippo, e nemmeno per essere geocentrico. I moti dei corpi celesti e della Terra sono tutti riconducibili ad un'unica interazione (quella gravitazionale), agente tra le masse degli oggetti in questione. Newton, con la genialità della sua **teoria della gravitazione**, riesce finalmente ad **unificare fisica celeste e terrestre in un'unica fisica**.

Ciò che spesso ha "rallentato" gli studi è stata, il più delle volte, la necessità di adattare il cosmo e le sue leggi a schemi prettamente umani: il geocentrismo, la finitezza, la perfezione geometrica, tutte condizioni desiderabili e perciò ricorrenti in molte delle teorie proposte, non sono altro che pure imposizioni mentali. Il cosmo non si adatta però al concetto di perfezione ideato dalla mente umana, ma rispetta una compiutezza che si fonda su leggi tutt'altro che semplici da comprendere: e sono proprio queste leggi, fuggevoli e complesse, che l'uomo cercherà per sempre di afferrare il più saldamente possibile.

Bibliography

- [1] Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, Beltràn Marià A. (cur), BUR 2008
- [2] Timothy Ferris , *L' avventura dell'universo. Da Aristotele alla teoria dei quanti e oltre: una storia senza fine*, trad.it. Anselmo De Bonis, Castelvechi 2013 (ed. orig. *The adventure of the universe*, Leonardo, Leonardo Paperback 1991)
- [3] Thomas S.Kuhn , *La rivoluzione copernicana*, trad.it. Tommaso Gaino, Piccola Biblioteca Einaudi 2000 (ed. orig. *The Copernican Revolution: : Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, 1957, Harvard University Press)
- [4] Giulio Peruzzi, slides del corso di Astronomia, *Dall'astronomia degli antichi alla rivoluzione copernicana*, 2017

Sitography

- *[http : //www.filosofiaescienza.it/la – cosmologia – platone/](http://www.filosofiaescienza.it/la-cosmologia-platone/)*
- *[http : //www.orsapa.it/saggi/aristotele](http://www.orsapa.it/saggi/aristotele)*
- *[http : //vitadibruno.filosofia.sns.it/index.php?id = 476](http://vitadibruno.filosofia.sns.it/index.php?id=476)*
- *[http : //planet.racine.ra.it/testi/uniforze.htm](http://planet.racine.ra.it/testi/uniforze.htm)*