

IL FASCINO DELLE STELLE

Breve storia dell'Astronomia

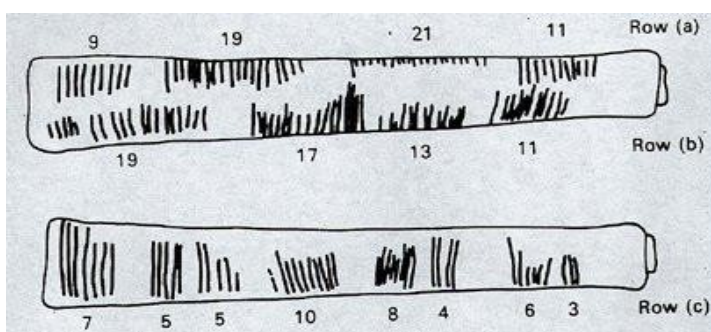
ASTRIS

Astronomical Roman Independent Society

Le Origini

L'Astronomia è la scienza più antica del mondo, la sua origine si perde nella notte dei tempi. L'uomo, agli albori della sua esistenza, cominciò a divenire consapevole della volta celeste e nel cielo cercò di riconoscere i segni del proprio destino. L'osservazione degli astri aveva anche l'importante funzione di un primordiale calendario che regolava la semplice vita dei nostri antenati.

Le più antiche testimonianze di osservazioni astronomiche che ci sono giunte sono affiorate in Europa. Si tratta di incisioni su pietra e su oggetti d'osso, risalenti

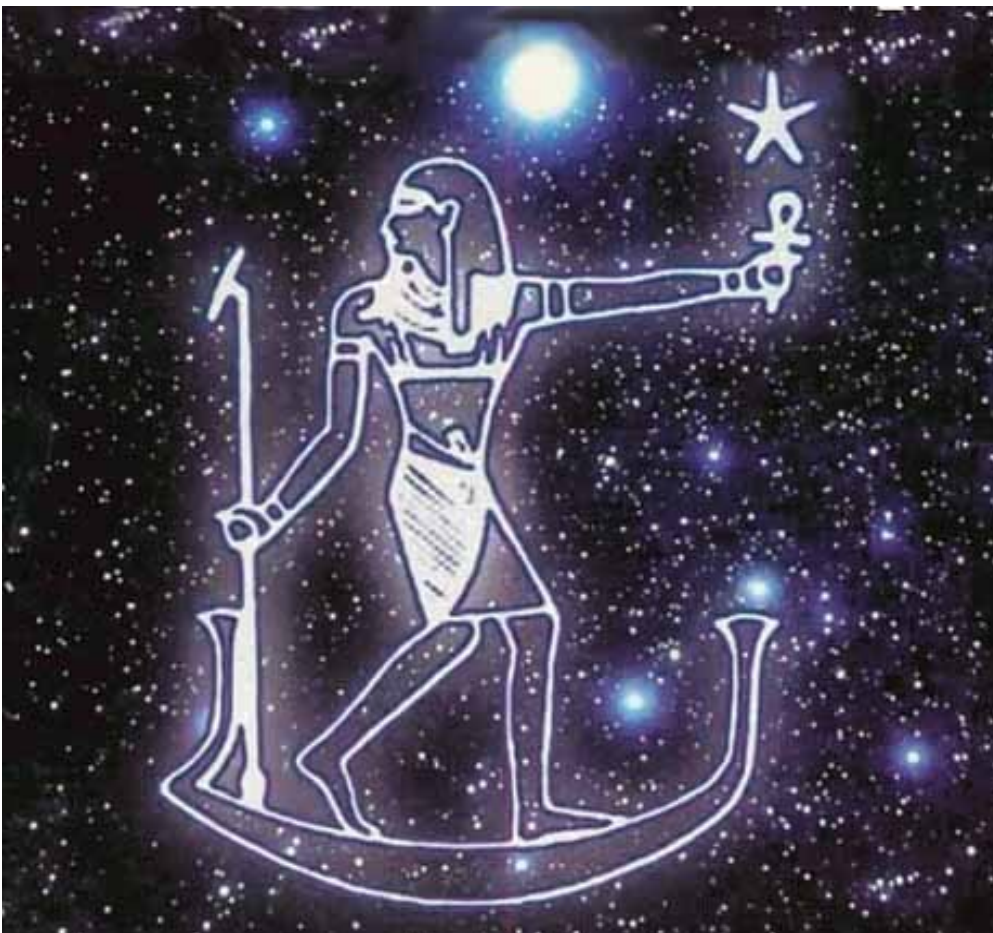


all'alto paleolitico, più di 10000 anni fa, che rappresentano una sorta di calendario lunare. Nel primo neolitico, quattromila anni prima di Cristo, il cammino dell'uomo verso l'Astronomia lo portò ad orientare tumuli di terra e tombe in pietra verso specifici punti del cielo. Con lo scorrere dei millenni queste costruzioni si fecero sempre più grandi e nella prima età del bronzo, i nostri antenati cominciarono a costruire vasti cerchi in pietra, dove si riunivano per evocare le divinità celesti.

La Luna fu il primo corpo siderale ad essere divinizzato, con i monumenti più antichi usati come strumenti per predire i giorni, considerati infausti, delle eclissi di Sole o di Luna. Le costruzioni astronomiche in pietra sono evidenti in Europa Settentrionale, ma non mancano esempi megalitici in varie regioni d'Italia: in Sardegna, per esempio, come in molte isole mediterranee, vi sono chiare testimonianze di questa cultura. Con il passaggio dalla età neolitica a quella del bronzo si verificò un graduale spostamento dell'interesse rituale dalla Luna al Sole. Esempio di simbolismo solare è "Newgrange" in Irlanda, edificato 5000 anni fa, ha un diametro di 60 metri ed è dotato di un lungo corridoio. Al sorgere del Sole, in prossimità del solstizio d'inverno, la luce penetrava nello stretto passaggio sino ad illuminare le stanze funerarie. Seguirono altri monumenti di cui Stonehenge è l'esempio più fulgido. Costruito circa 4600 anni fa, utilizzato per scopi astronomici e rituali per più di mille anni, fu poi abbandonato, risultando estraneo anche alla antica cultura celtica che popolò quei luoghi 1500 anni prima di Cristo.



Piramidi di Giza



**Rappresentazione
del viaggio astrale
del Dio Ra**

La Civiltà Egizia

Più di 6000 anni fa, ai bordi del Nilo, si affacciò alla ribalta storica la popolazione egizia. Alla base della propria religione gli egiziani posero una serie di miti che avevano origine nella volta celeste. I sacerdoti, capaci di scrutare il cielo e di interpretarne i segni, furono i depositari delle divinità celesti. Ra, il dio Sole, era la più importante insieme a Nut, la dea dei cieli, raffigurata nella Via Lattea, nuda e distesa nella volta celeste. Ra la percorreva tutta sino a nascere simbolicamente dal suo grembo indicato dalla stella Deneb. La successione al trono in Egitto avveniva per linea materna. Il principe primogenito doveva sposare la sorella maggiore per poter aspirare legittimamente al trono. L'origine di tale usanza risiedeva nella identificazione della regina con il ruolo della dea Nut e del faraone con il dio Ra incarnato.

Le piramidi della quarta dinastia a Giza riflettevano lo zelo astronomico-religioso dei faraoni dell'antico regno. Traiettorie di pietra verso gli dei, il cammino attraverso il quale l'anima del faraone defunto poteva raggiungere le anime immortali, le stelle circumpolari del nord. L'ingresso delle piramidi era rivolto sempre al nord e i cunicoli piegavano verso il basso di un angolo tale che le stelle che non tramontano mai, potevano essere facilmente osservate dall'interno. Per predire il tempo ed il luogo delle apparizioni delle divinità identificate con gli astri, i sacerdoti introdussero oltre 5000 anni fa, la suddivisione del giorno e della notte in dodici ore ciascuno e la divisione dell'anno in 365 giorni. Svilupparono anche diversi calendari improntati all'osservazione della Luna, del Sole e della stella Sirio, identificata con Isis, la figlia di Ra, che diveniva visibile nel periodo in cui il Nilo cominciava a gonfiarsi all'inizio di giugno.



La Barca Solare con il Dio Ra viaggia verso il regno dell' Oltretomba



La Torre di Babele

Le civiltà Mesopotamiche

La Mesopotamia fu la culla della civiltà Sumerica, Assira ed infine Babilonese. Per i popoli che l'abitarono, la spinta allo studio dei fenomeni celesti fu essenzialmente data da esigenze astrologiche. I Sumeri introdussero 3000 anni prima di Cristo la scrittura cuneiforme ed assegnarono il nome a numerose costellazioni tuttora esistenti. Al crepuscolo della civiltà Sumera, il testimone fu preso dai Caldei, gli antichi abitanti di Babilonia. Essi divisero la parte del cielo percorsa dal Sole in dodici zone, rimaste immutate sino ai nostri giorni, creando le Costellazioni Zodiacali. A partire dall'ottavo secolo avanti Cristo, compilarono in modo sistematico ed in ordine cronologico le proprie osservazioni, segnando in pratica la nascita della Astronomia scientifica. I Caldei furono i più grandi osservatori del cielo dell'antichità, avevano scoperto anche il "Saros", il periodo di circa 18 anni in cui il ciclo delle eclissi si ripete nello stesso modo. Come unità fondamentale per la misura dell'angolo introdussero il "grado" e svilupparono l'uso delle frazioni sessagesimali. Intorno al 500 a.C., l'Astronomia babilonese sviluppò metodi matematici per descrivere fenomeni complessi con semplici funzioni aritmetiche



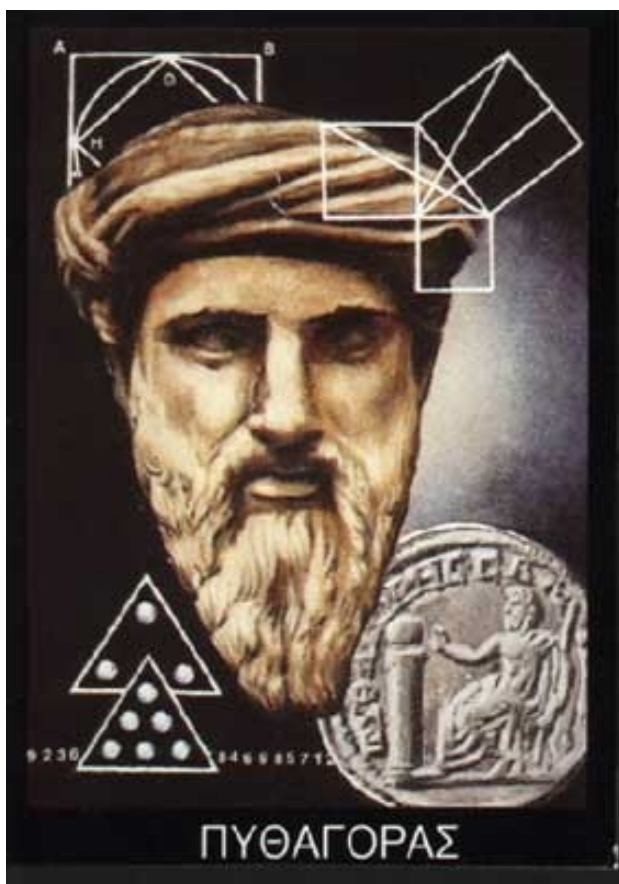
Mesopotamia: letteralmente “la regione compresa tra due fiumi”

I Greci

All'inizio della civiltà Greca, millenni prima della nascita di Cristo, l'osservazione del cielo si limitava ad individuare i giorni propizi per le attività agricole e per i rituali religiosi, una sorta di "calendario agricolo" basato sul sorgere e sul tramontare di stelle luminose. Solo nel sesto secolo avanti Cristo si sviluppò quel movimento intellettuale e filosofico noto come "Pre-socratico" che comprendeva un'ampia gamma di questioni fisiche e cosmologiche. **Parmenide di Elea** (n. 550 a.C.), ad esempio, nell'Italia meridionale, asseriva la sfericità della Terra ed **Empedocle di Agrigento** (n.492 a.C.) ipotizzò che le eclissi solari fossero causate dal passaggio della Luna davanti al Sole. Il quinto secolo a.C. fu il punto di svolta nella conoscenza dei filosofi Greci, con lo sviluppo della matematica e con l'uso di modelli geometrici per spiegare eventi astronomici. Esponente di primo piano di questa ricerca filosofica fu **Pitagora di Samo** (n.560 a.C.), che all'età di trent'anni si trasferì nella Magna Grecia, fondando a Crotone la sua famosa scuola. Essa era divisa in "acusmatici", allievi che potevano solo ascoltare le parole del maestro e "matematici", ai quali era anche concesso di porre domande. Secondo Pitagora, l'Astronomia, la geometria e la musica erano intimamente connesse ai numeri e ai loro rapporti. I numeri erano l'essenza di tut-



Pitagora



cose ed essendo alla base degli accordi melodici, anche i corpi celesti dovevano produrre musica e avere traiettorie circolari, le sole che ne potessero riflettere la suprema bellezza. Il pitagorico **Filolao**, alla fine del quinto secolo a.C., ritenne che la Terra fosse troppo poco nobile per stare al centro di un sistema talmente armonico. Ipotizzò quindi che girasse insieme ad una antiterra e agli altri pianeti, Sole incluso, intorno ad un fuoco centrale non visibile perché situato nell'altro emisfero. Con la conquista di **Alessandro il Grande** della Mesopotamia intorno al 330 a.C., una gran messe di dati osservativi dei Caldei fu a disposizione dei Greci, influenzandone profondamente lo sviluppo dell'Astronomia. L'inizio del quarto secolo segnò una convergenza dei filosofi

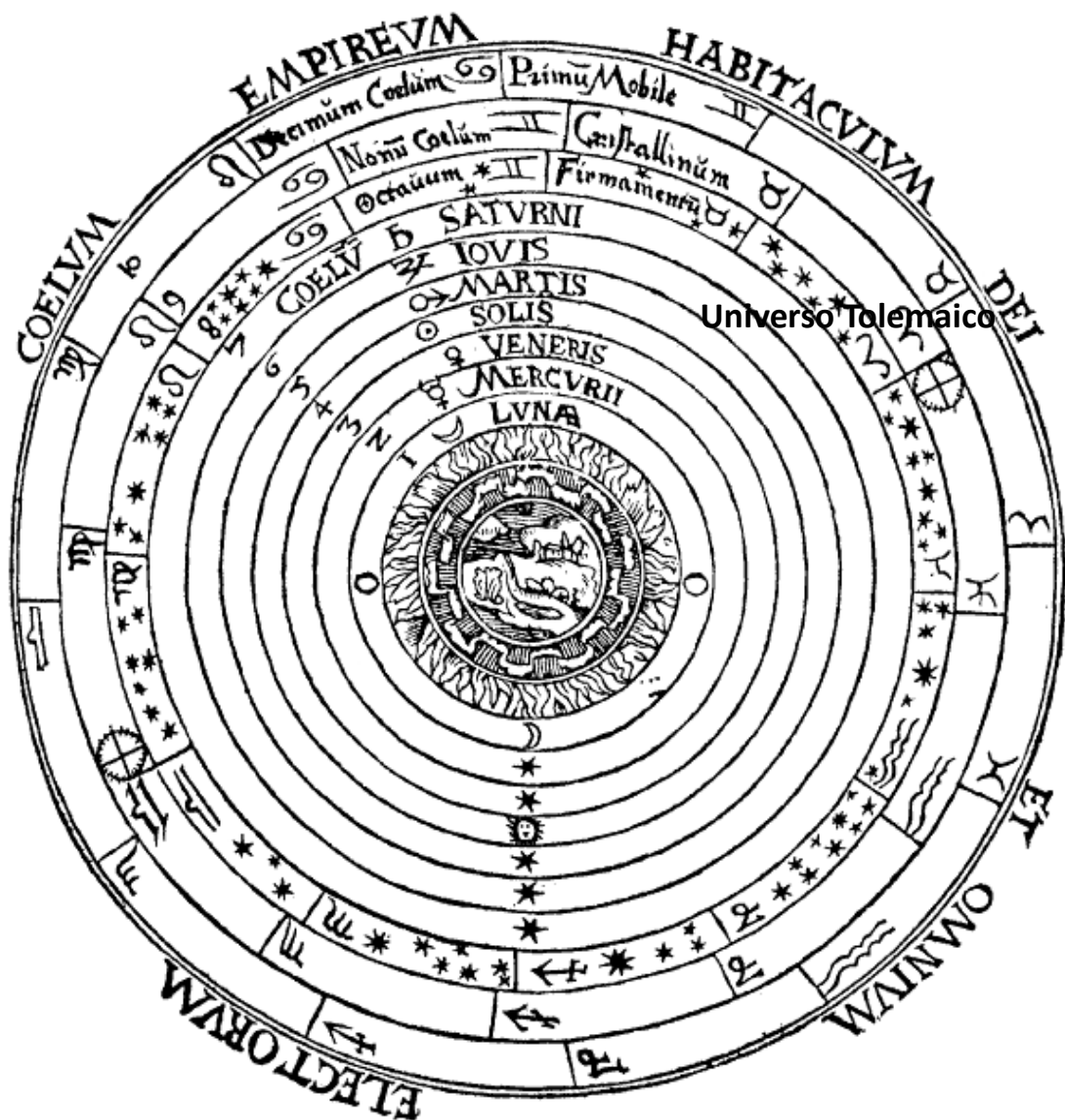
Greci sul modello di Universo: al centro la Terra, sferica ed immobile ed al limite esterno le stelle fisse che le ruotavano intorno, solidali a sfere cristalline. Alle incongruenze rispetto ai reali moti degli astri che venivano osservate, cercò di porre rimedio **Eudosso di Cnido** (409-356 a.C.), un pitagorico entrato nella scuola di Platone, che propose un modello più complesso, basato su un maggior numero di sfere tra loro legate, ma con poli differenti. Questo sistema, chiamato "*Omocentrico*" non poteva in ogni caso riuscire a tener conto della grande variabilità luminosa di alcuni pianeti. Eudosso descrisse anche il cielo visibile dalla Grecia e raggruppò le stelle fisse in Costellazioni ancora oggi in uso, combinando la mitologia greca ad elementi di origine babilonese.

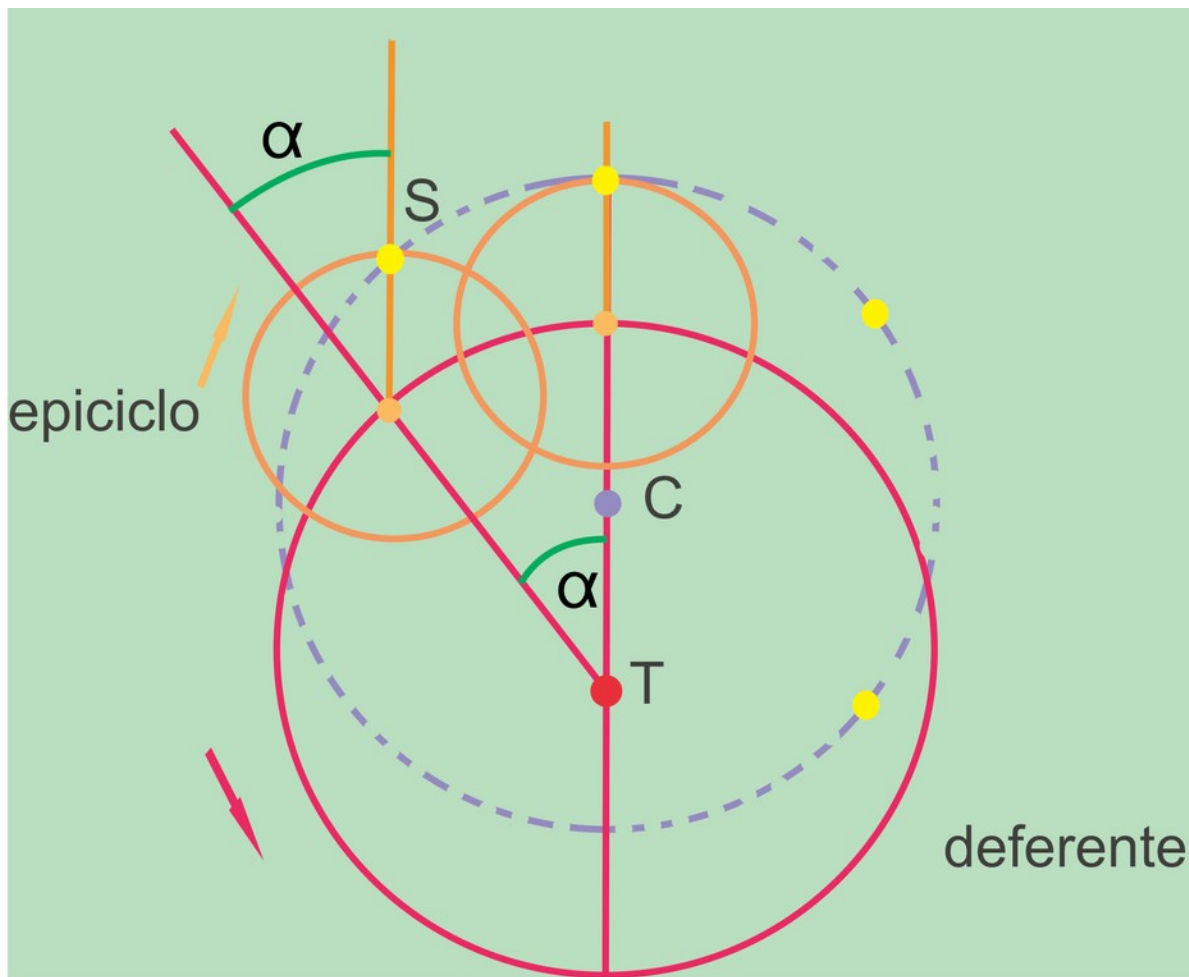


Sistema Omocentrico di Eudosso

Aristarco, nato a Samo nel 310 a.C., propose, ispirandosi ad **Eraclide Pontico** vissuto nel secolo prima, la teoria alternativa che poneva il Sole al centro dell'Universo, con i pianeti e la Terra che gli giravano intorno. Tale ipotesi non ebbe grande seguito per una serie di obiezioni filosofiche ed osservative, quali l'impossibilità di rilevare qualsivoglia movimento delle stelle fisse al muoversi della Terra. Rimasero alla fine in campo due sole teorie per la descrizione dell'Universo allora conosciuto, fondamentalmente equivalenti da un punto di vista geometrico: l'ipotesi dell' "Eccentrico", dove la Terra non occupava il centro esatto delle orbite circolari dei corpi celesti che le ruotavano intorno ed il modello "Epicicloidale", in cui l'astro ruotava con moto uniforme intorno al centro di un piccolo cerchio, l'epiciclo, che a sua volta orbitava intorno ad un cerchio maggiore, il deferente, il cui centro era la Terra. Tutti e due i modelli riuscivano a spiegare, almeno qualitativamente, il moto retrogrado dei pianeti nella volta celeste.

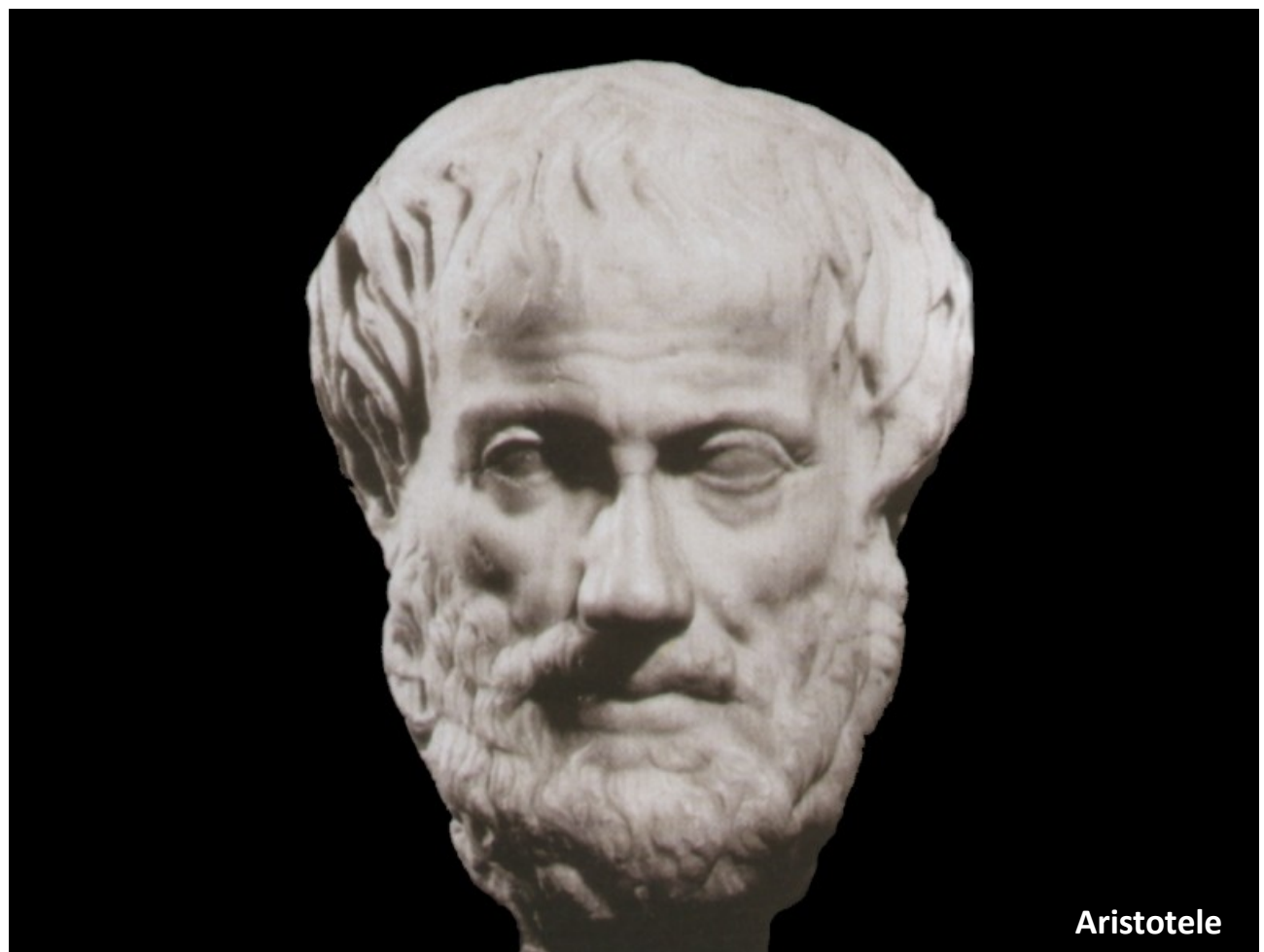
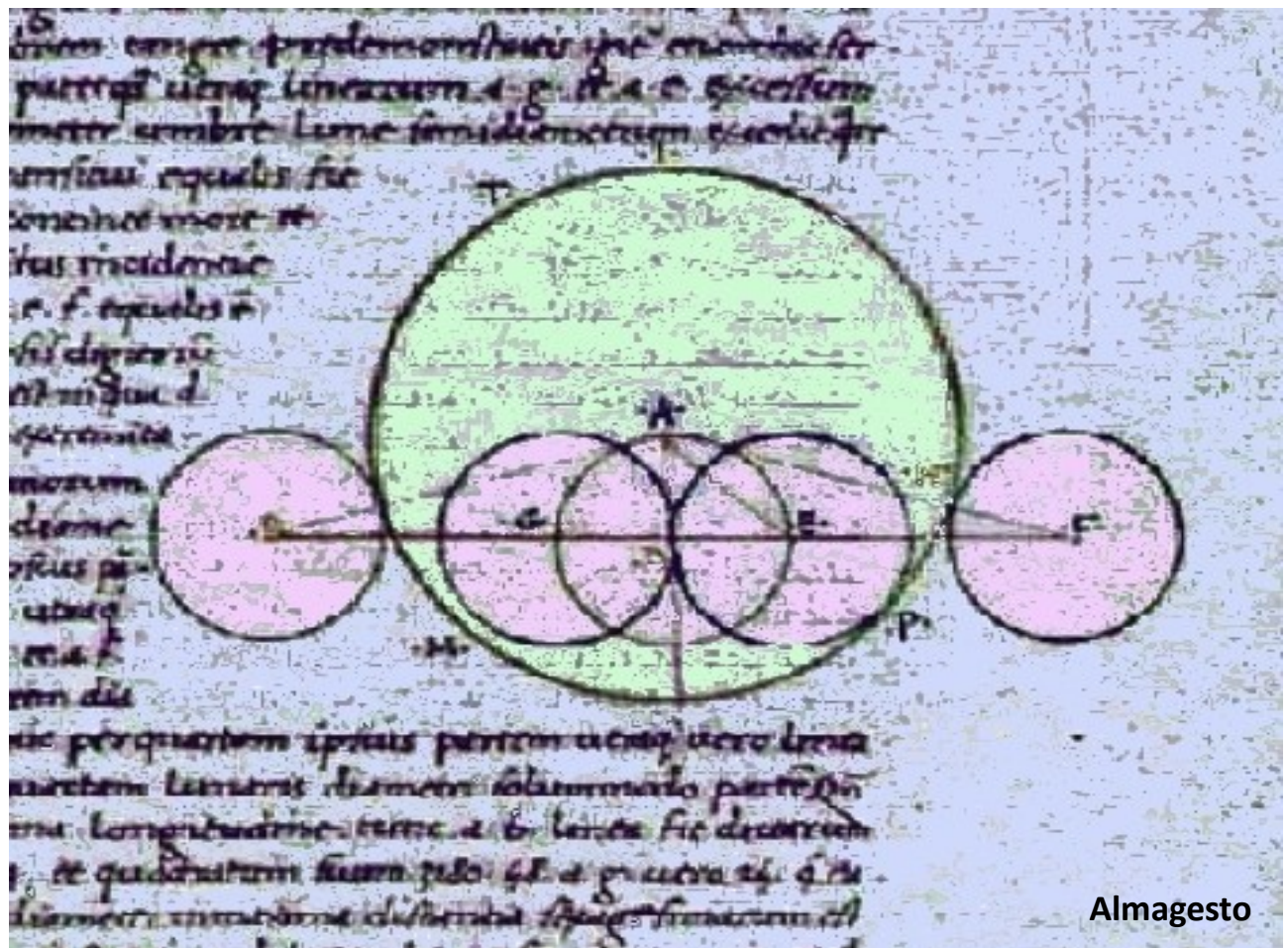
Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .





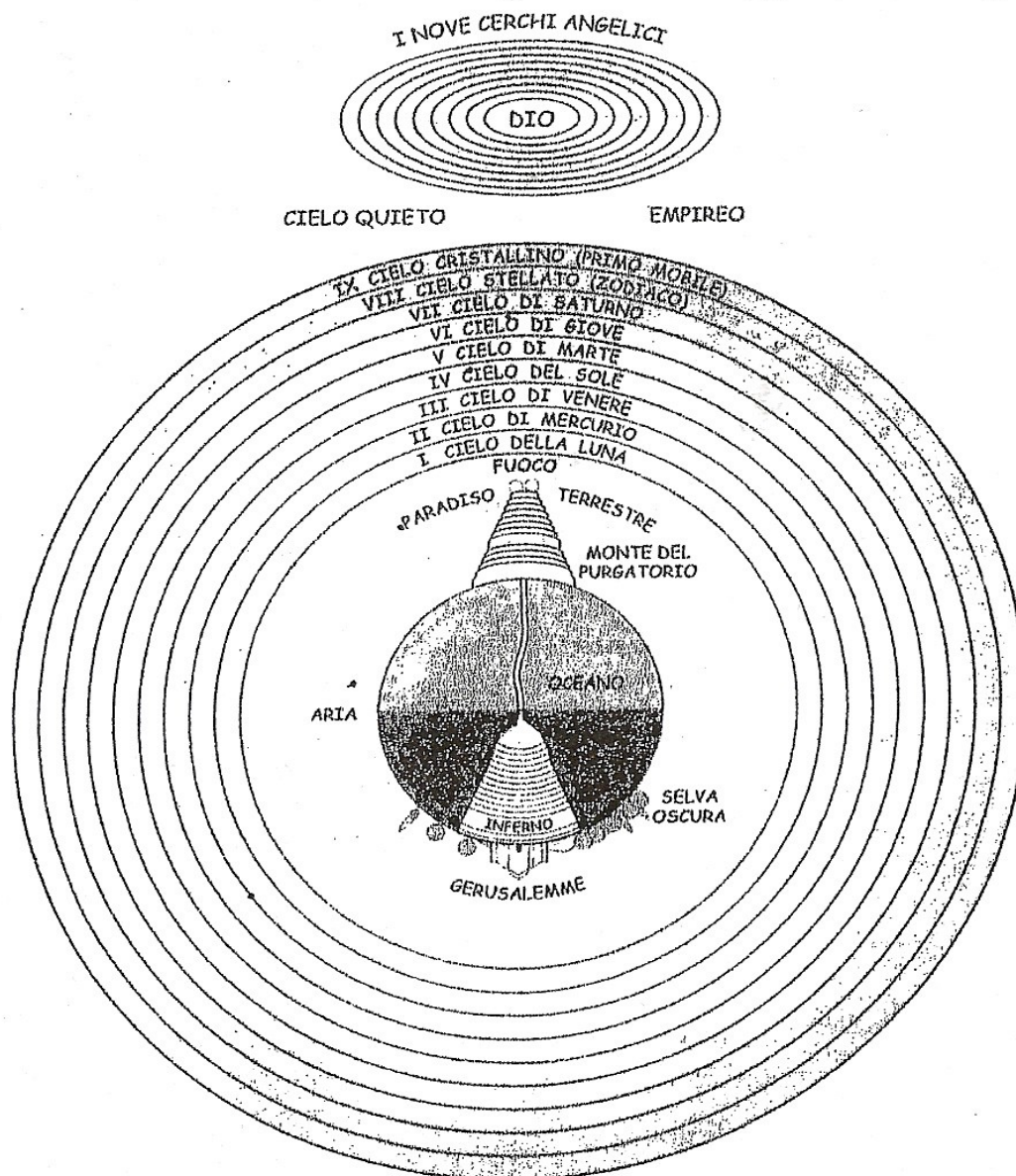
Aristotele (384-322 a.C.) nelle sue opere abbraccia il modello geocentrico, ponendo cioè la Terra al centro di un Universo unico e finito. Quattro sono gli elementi per lui costitutivi del Mondo: la terra, l'aria, il fuoco e l'acqua. Ogni elemento ha la tendenza a tornare nel proprio luogo naturale, che per la terra e l'acqua è il basso, mentre per l'aria e il fuoco è l'alto. La Terra come pianeta, quindi, non può che stare al centro del Cosmo, poiché formata da elementi tendenti al basso, ed il basso assoluto è proprio il centro dell'Universo. Oltre la Terra Aristotele pone un quinto elemento (la famosa quint'essenza): l'etere, eterno ed inalterabile. Egli divide così la regione dei cieli, che sono immutabili, dai luoghi sublunari del mutamento. Sfere concentriche muovevano i cieli dei pianeti, del Sole e delle stelle, attivate tutte dal "*Primo Mobile*" mosso direttamente da Dio. Al di fuori della sfera celeste nulla esisteva per Aristotele, neanche il puro spazio vuoto, concetto da lui considerato assurdo.

La trasformazione dell'Astronomia matematica greca da scienza descrittiva a predittiva si realizzò con l'opera di **Ipparco**. Nato a Nicea in Asia Minore nel 190 a.C., ma vissuto a Rodi, trascorse molti anni osservando e registrando le posizioni delle stelle fisse. Classificò la luminosità delle stelle in una scala di sei grandezze, oggi note come "*magnitudini stellari*". Nel corso di questo lavoro, confrontando la posizione degli astri con quella rilevata dai suoi predecessori, fece la scoperta per cui oggi è universalmente noto, la "*Precessione degli Equinozi*". Egli scoprì che



l'asse terrestre non è fisso, come una trottola che ha perduto energia, descrive un cerchio in 26600 anni, alterando la posizione delle stelle fisse in cielo.

Ipparco fu l'unico predecessore degno dell'ammirazione di **Claudio Tolomeo**, il grande astronomo, geografo e astrologo greco vissuto ad Alessandria d'Egitto tra il 130 ed il 175 dopo Cristo. La sua opera somma, l'*Almagesto*, diffusa in Europa attraverso la traduzione di manoscritti arabi, descriveva una Terra sferica ed immobile al centro dell'Universo, seguendo la tradizione Aristotelica di molti secoli prima. Il modello Geocentrico che da lui prenderà il nome di "*Sistema Tolemaico*", rimase di riferimento per tutto il mondo occidentale ed arabo per oltre 1000 anni, sino a che non fu sostituito dal sistema "*Eliocentrico Copernicano*". L'immagine che Tolomeo diede di un Universo piccolo e finito, fu quasi universalmente accettata fino alla fine del medioevo e la ritroviamo tutta, mirabilmente evocata, nella descrizione che ne dà Dante Alighieri nella Divina Commedia.



STRUTTURA GENERALE DELL' UNIVERSO SECONDO DANTE

KL		Januarius Capricorn	Solis motu? corn?		Lune motus medius.		Lune Cen- trum.		Lune ar- gumētū medium	
			G	m	S	G	m	S	G	m
1	A	Circumcissio domini	20	21	0	13	11	0	24	23
2	b	4 Non Octava Stephani	21	22	0	26	21	1	18	46
3	c	3 Non Octava Ioannis	22	23	1	9	32	2	13	9
4	d	2 Non Octava Innocentium	23	25	1	22	42	3	7	32
5	e	None.	24	26	2	5	53	4	1	54
6	f	8 Idus Epiphania domini	25	27	2	19	3	4	26	17
7	g	7 Idus Clausi lxx.	26	28	3	2	14	5	20	40
8	A	6 Idus Erhardi Episcopi	27	29	3	15	25	6	15	3
9	b	5 Idus	28	31	3	28	35	7	9	26
10	c	4 Idus Pauli primi eremite	29	32	4	11	46	8	3	49
11	d	3 Idus Aquarius	0	33	4	24	56	8	28	12
12	e	2 Idus	1	34	5	8	7	9	22	35
13	f	Idus Octava epiphanię Hilary epi	2	36	5	21	18	10	16	58
14	g	19 Kal Februarij Felicitis in pincis	3	37	6	4	28	11	11	20
15	A	18 Kal	4	38	6	17	39	0	5	43
16	b	17 Kal Marcelli pape	5	39	7	0	49	1	0	6
17	c	16 Kal Antonij monachi	6	40	7	14	0	1	24	29
18	d	15 Kal Priscę virginis	7	41	7	27	10	2	18	52
19	e	14 Kal	8	42	8	10	21	3	13	15
20	f	13 Kal Fabiani et Sebastiani martirę	9	43	8	23	32	4	7	38
21	g	12 Kal Agnetis virginis	10	44	9	6	42	5	2	1
22	A	11 Kal Vincentij martiris	11	45	9	19	53	5	26	24
23	b	10 Kal	12	46	10	3	3	6	20	46
24	c	9 Kal Timothei apostoli	13	47	10	16	14	7	15	9
25	d	8 Kal Pauli conuersio	14	48	10	29	25	8	9	32
26	e	7 Kal	15	48	11	12	35	9	3	55
27	f	6 Kal Ioannis Chrysostomi	16	49	11	25	46	9	28	18
28	g	5 Kal Clausi xl.	17	50	0	8	56	10	22	41
29	A	4 Kal Valerij episcopi	18	50	0	22	7	11	17	4
30	b	3 Kal	19	51	1	5	18	0	11	27
31	c	2 Kal	20	52	1	18	28	1	5	50

¶ Carnes torreo lanus en trementes
Et letus comedo: biboq; ad ignem

B ij



Dies 31 Anni.

Calendario Giuliano conservato presso il Museo Galileo

I Romani

Nell' epoca successiva l'Astronomia conobbe una stagione povera ed arida. I Romani, maestri nelle questioni pratiche, si limitarono ad utilizzarla per scopi agricoli e commerciali. Se ne servirono quale guida alla navigazione o nel computo del tempo attraverso le meridiane. Sotto il dominio di **Giulio Cesare** (100-44 a.C.), sfruttando le ricerche compiute dai Greci, l' Astronomia consentì di attuare l'importante e duratura riforma del calendario Giuliano, sostituito solo nel 1587 in epoca rinascimentale, anno dell'ulteriore riforma di Gregorio XIII.

Nell' antica Roma era molto importante la funzione divinatoria che aveva l'osservazione e l'interpretazione dei fenomeni celesti, retaggio della cultura etrusca assorbita dai Romani. L'astrologia fu più tardi osteggiata dai primi Padri della Chiesa con in testa **Sant 'Agostino** (354-430 a.C.) che confutò con forza le credenze astrologiche con i suoi scritti. Con la caduta dell'Impero Romano d'Occidente nel 476, si assistette al progressivo decadimento della società, con le opere fondamentali della scienza greca, compreso l'Almagesto, messe al bando e senza che l'uomo medioevale avesse stimoli ad eseguire ricerche o compiere osservazioni astronomiche .



Antica Meridiana d'epoca Romana

Gli Arabi

Solo attorno all'anno mille, in Europa Occidentale si diede nuovo impulso alla ricerca astronomica, facendo rientrare le opere classiche che fortunatamente erano state conservate e studiate dagli Arabi. Il loro sapere cominciò a rendersi disponibile con il ristabilirsi dei rapporti commerciali con l'Islam. Alla fine del IX secolo dell'era cristiana, mentre in Europa l'Impero Carolingio si sfaldava e i Normanni premevano minacciosi ai propri confini, brillava in Oriente una civiltà giovane e ansiosa di conquistare il primato della scienza e della cultura. Essi disponevano dei risultati della scienza persiana e della matematica indiana, inoltre possedevano e conoscevano le opere di Tolomeo. Dal nono al quindicesimo secolo, gli studiosi musulmani eccelsero in ogni branca della conoscenza scientifica. Alcuni decenni dopo la morte del profeta Maometto nel 632, avevano consolidato una loro comunità che si estendeva dalla Spagna all'India. Non era l'Islam che incoraggiava lo sviluppo dell'Astronomia, ma la ricchezza della società islamica, una società tollerante, multirazziale ed altamente istruita. Bagdad, capitale del califfato *Abbasidi*, sin dall'ottavo secolo fu un fiorire di studi, anche astronomici. Si definì un nuovo sistema di numerazione, da noi poi adottato, che comprendeva lo zero. Si favorì l'ascesa di personalità del calibro di **Al Khwarizmi** (780-450 a.C.), da cui algoritmo, che introdusse la prima funzione trigonometrica nel suo trattato *Al Gabr*, da cui algebra. Buona parte dei nomi delle stelle hanno origine araba, basterà citare le più famose come Deneb, Altair o Rigel. Il calendario musulmano è di tipo lunare, e i mesi civili iniziano con il primo avvistamento della falce di Luna. La precisa misurazione dell'inizio e della fine dei mesi, riveste importanza per la determinazione delle festività, in particolare quella del Ramadam e le tavole numeriche che i musulmani di oggi utilizzano per regolare le preghiere quotidiane, hanno una antica storia lunga più di mille anni. Prima dell'avvento dell'Islam, gli Arabi della penisola arabica erano depositari di un semplice sistema astronomico di natura pratica. Nel primo periodo islamico la struttura dell'Universo concepita dagli astronomi musulmani, ricalcò l'opera di Tolomeo. Dall'undicesimo al sedicesimo secolo si attuò uno studio critico dell'Almagesto, formulando delle ipotesi alternative che avrebbero potuto influenzare l'opera dello stesso Copernico.





Astronomia Nelle Americhe

Volgiamo per un attimo uno sguardo all'altra parte del globo: le Americhe. Questi due continenti isolati, popolati da razze originarie delle regioni asiatiche che attraversarono lo

Piramide di Caracol (Yucatan)



stretto di Bering più di 10000 anni fa, svilupparono le proprie culture senza alcun contatto con il Vecchio Mondo sino all'epoca di Cristoforo Colombo. Ci stupiremo quindi nel trovare straordinarie convergenze culturali con l'Occidente, come nello studio del pianeta Venere da parte dei Maia, ma anche divergenze profonde nelle finalità e modalità della ricerca astronomica. Mancano in queste culture i caratteri di-

stintivi della Scienza Occidentale, come l'idea di progresso nella comprensione della natura: il percorso culturale europeo ed arabo è stato un fenomeno unico grazie al pensiero filosofico greco.



Osservatorio Inca



Codice di Parigi

Nessun abitante delle Americhe si pose interrogativi sulla rotondità della Terra, né avanzò speculazioni sulla centralità del Sole od altri corpi celesti. Per gli indigeni americani l'Universo era in armonia con la condizione umana ed i cicli astronomici erano intimamente connessi a quello della umana esistenza.

La maggioranza delle culture americane non ha lasciato tracce scritte, con l'eccezione dei Maya e dei loro lontani parenti, gli Aztechi.

Pochissimi loro documenti sono sopravvissuti alla sistematica distruzione dei conquistatori cristiani. I Maya sono considerati l'espressione più alta dello sviluppo scientifico nel Nuovo Mondo, la loro civiltà cominciò a fiorire in Centro America intorno al 1500 avanti Cristo e fra il 200 ed il 900 d.C., vennero prodotti migliaia di dati di natura astronomica. Il tempo per i Maya era ciclico e ripetitivo, gli astronomi facevano parte della corte regale, suggerendo al sovrano il momento opportuno per prendere una qualunque decisione.



Codice di Dresda

Nei codici di Dresda e di Parigi, fra i pochi scritti sopravvissuti, troviamo la predizione di eclissi solari e lunari, e mappe della posizione della Luna nello Zodiaco formato dagli animali da loro conosciuti. Sebbene l'Astronomia Maya abbia avuto uno straordinario rigore e precisione, la sua finalità era religiosa. Anche gli edifici più imponenti costruiti dai Maya rispettavano le finalità rituali. Il più famoso esempio di monumento orientato astronomicamente è il *Caracol* nello Yucatan, una costruzione risalente al nono secolo della nostra era, dove gli allineamenti erano fatti con le posizioni di Venere all'orizzonte. Tale pianeta era considerato il protettore delle operazioni militari dei Maya, così come Marte lo era per il Vecchio Mondo, ed era identificato con la divinità nota come "Serpente Piumato".



Calendario Maya

Un altro popolo che i *conquistadores* incontrarono nel loro cammino, quando giunsero nella valle del Messico, furono gli Aztechi, di cui è ben nota la feroce pratica di offrire il sangue dei prigionieri al dio Sole Tonatiuh, per mantenere i cieli in movimento ed affinché il buio eterno non cadesse su di loro. Anche i loro documenti ci parlano di un carattere spiccatamente ciclico degli eventi della natura, siano essi eclissi o stelle fumanti, cioè meteore o comete. Altro popolo degno di nota fu quello Inca, che dominò le Ande per più di un secolo prima dell'arrivo degli Spagnoli. Essi avevano sviluppato una precisa Astronomia posizionale basata su accurate osservazioni all'orizzonte. Usavano gli osservatori come finestre per catturare i primi e gli ultimi raggi del Sole, utilizzando le loro osservazioni per stabilire i momenti della semina o della tosatura. A differenza dei Maya, gli Inca non hanno lasciato testi scritti e senza la testimonianza dei cronisti al seguito degli Spagnoli, non avremmo conosciuto la grande importanza attribuita all'Astronomia: il cielo era parte integrante della loro concezione dell'ordine, l'intera città di Cuzco, ad esempio, era strutturata come una mappa, con l'ordine naturale che gli Inca percepivano nei cieli rispecchiato nella struttura della città. Ancora oggi le popolazioni attuali che abitano nella regione, un tempo dominata dagli Inca, hanno conservato il ricordo del cielo attraverso nomi di stelle e di costellazioni che si rifanno alla tradizione antica. La volta celeste conserva ancora il potere di portare buona o cattiva sorte, ed i cicli astronomici dei nativi americani sembrano servire come mezzi per esprimere e comprendere il ciclo dell'esistenza umana.





Astronomo cinese

I Cinesi

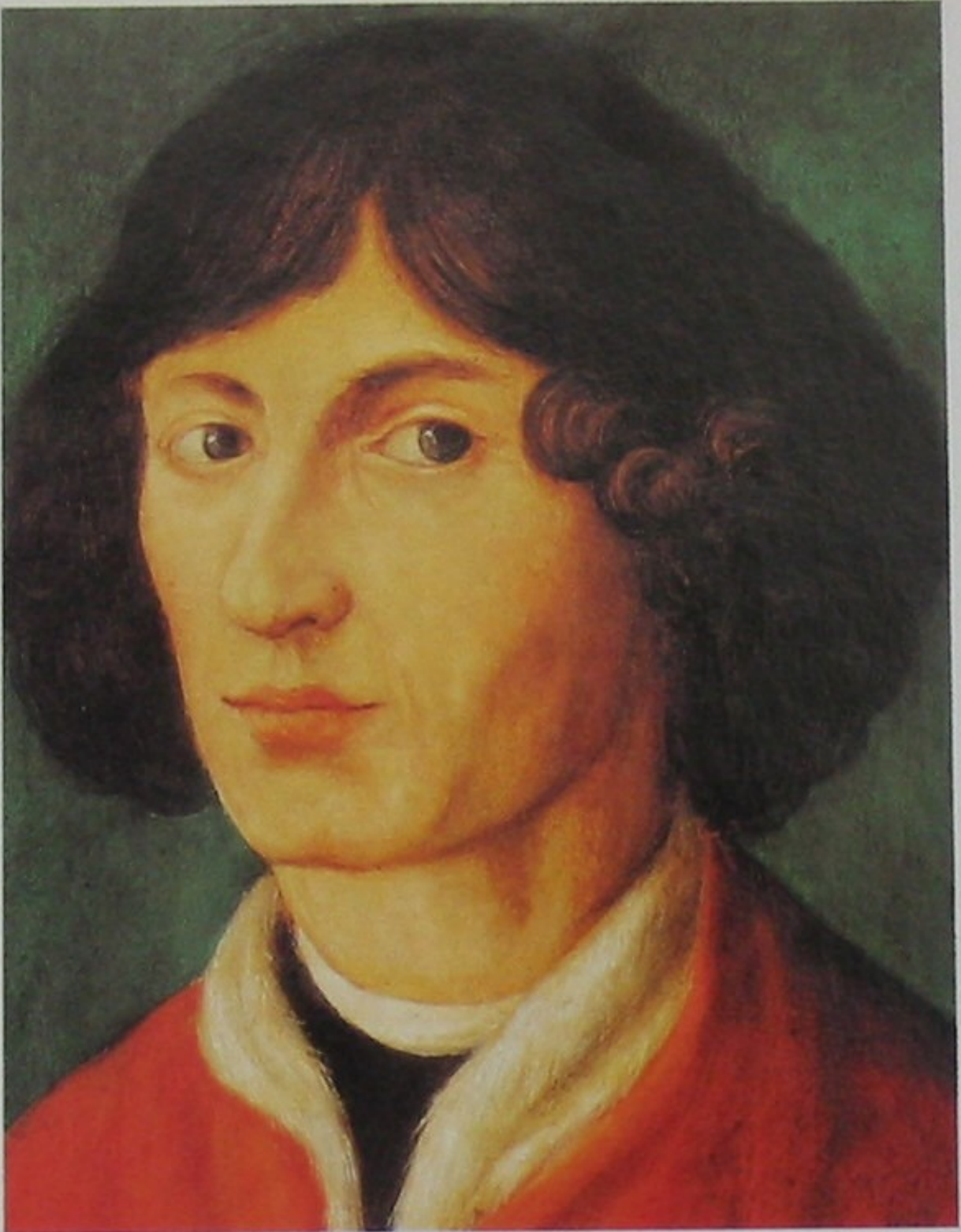
Doverosa menzione merita la cultura millenaria cinese che sviluppò la scienza astronomica già agli albori della propria storia, nel secondo millennio avanti Cristo. L'Astronomia cinese si basò su di una particolare visione del mondo: il sovrano era anche l'imperatore di tutti i cieli inferiori e la sua autorità si rispecchiava nella volta celeste. Se la sua gestione del potere fosse stata ingiusta o carente, si sarebbero manifestati in cielo chiari segni celesti, come l'avvento di nuove stelle o di comete. Per questo motivo vennero eseguiti una serie ininterrotta di osservazioni astronomiche, diligentemente catalogate per millenni, che i missionari gesuiti nel seicento e settecento raccolsero e tradussero dagli antichi testi. A differenza degli Indiani, non avevano una matematica evoluta ed erano poco interessati alla levata all'orizzonte degli astri, preferendo osservare le stelle circumpolari ed i fenomeni transienti. Per molti secoli il loro desiderio divinatorio fu soddisfatto incidendo nelle ossa, cosiddette oracolari, le osservazioni del cielo che più li impressionavano, esposte al calore che le fessurava, consentivano di dare una risposta alle domande sul futuro. L'Astronomia e la Cosmologia cinese furono legate ad una visione particolare dell'imperatore, del popolo e degli accadimenti naturali. Tutto era mentalmente associato per raggiungere qualcosa di superiore, di esoterico. I Cinesi, nonostante questa interpretazione così poco Occidentale, furono capaci di generare dei contributi astronomici fondamentali quali l'introduzione di calendari, di carte stellari, un sistema equatoriale di coordinate celesti per la determinazione delle posizioni degli astri; seppero creare sofisticati strumenti astronomici e suggerire per primi l'idea di un Universo infinito. La Cina possiede oggi la più lunga serie ininterrotta di archivi astronomici del mondo e la sua antica cultura ha avuto una profonda influenza sugli altri popoli dell'Asia orientale: il Giappone e la Corea.



Carta del cielo dell'antica Cina

Astronomia Rinascimentale

Riprendiamo ora il nostro cammino in Occidente, l'avevamo lasciato dopo la caduta dell'Impero Romano con la crisi culturale del medioevo, la scomparsa delle scuole romane nelle antiche province e la lingua greca passata nell'oblio. Fra la fine del quindicesimo secolo e l'inizio del diciassettesimo, l'Astronomia subì una trasformazione la cui portata non ha eguali in nessun altro periodo della sua storia. Il fattore scatenante, oltre alla riscoperta dei classici greci attraverso l'Islam, fu dato dall'impulso di alcune grandi personalità scientifiche di cui narreremo brevemente i contributi alla scienza astronomica. Come una molla compressa per troppi secoli, la cultura scientifica ed umanistica in questo periodo storico esplose, consentendo alle menti eccelse di manifestare il proprio talento. Il primo personaggio degno di nota fu il tedesco **Johannes Muller di Königsberg** (1436-1476), conosciuto come **Regiomontano**. Legato ancora ad una visione geocentrica del Cosmo, concentrò i suoi sforzi sull'Astronomia matematica, costruendo le basi per lo sviluppo futuro di questa scienza. Attraverso i suoi precisi calcoli sull'eclissi del 17 dicembre 1461, riuscì ad evidenziare molti errori del modello tolemaico. Uomo a cavallo di due epoche, profondamente legato ad una visione astrologica della macchina cosmica, non comprese appieno la portata di questi errori, la cui correzione avrebbe generato la riforma dell'Astronomia della fine del sedicesimo secolo. **Nicolò Copernico** (1473-1543), polacco, formatosi culturalmente in Italia, si prefisse l'obiettivo di rivedere il modello tolemaico, con lo scopo limitato di semplificare i calcoli necessari per prevedere la posizione dei pianeti. Egli pose il Sole al centro dell'Universo, ma per quadrare i conti con le osservazioni mantenendo l'ideale estetico dei moti circolari, fu costretto a servirsi ancora degli epicicli. Copernico non si preoccupò di dare una spiegazione delle stelle fisse, non eliminò la distinzione aristotelica fra la regione celeste del perpetuo moto circolare e la regione terrestre del moto rettilineo e del mutamento. Rispetto ad Aristarco e agli altri "eliocentristi", Copernico si distinse per aver sviluppato completamente le conseguenze della sua ipotesi, confrontandola puntigliosamente con le osservazioni. Il suo "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" fu il primo grande trattato di Astronomia dopo l'Almagesto. Pubblicato postumo, con una prudente prefazione che relegava l'opera a mera ipotesi di lavoro, non riuscì ad evitare le ire di Lutero e la secca condanna di Calvino. La Chiesa cattolica lo accolse inizialmente con benevolenza, per poi metterlo all'indice dal tempo di Galileo sino agli inizi dell'ottocento! All'Astronomia medioevale Copernico rimase legato anche per la concezione generale della macchina del Mondo: ciò che egli faceva girare intorno al Sole non erano i pianeti in quanto tali, ma gli "*Orbi*", le sfere, che li portano. Sfera è anche quella che reggeva le stelle fisse, ed essa, anche se spostata 2000 volte più lontano rispetto al modello antico, segnava sempre il limite del Cosmo. Quella di un Mondo finito e limitato, oltre al quale non ci fosse niente di fisico, neppure lo spazio vuoto, non è stata l'unica concezione tramandata dall'antichità.



Nicolò Copernico



Giordano Bruno

I filosofi greci **Democrito** (460-370 a.C.) ed **Epicuro** (341-270 a.C.) concepirono lo spazio e la materia come illimitati e capaci di generare infiniti mondi. Il poeta romano **Lucrezio** (91-55 a.C.) riprese queste idee nel "*De rerum natura*" che, riscoperto nel 1417, contribuì a formare l'opera di **Nicolò Cusano** (1401-1464), vescovo e cardinale, nel suo trattato "*Della dotta ignoranza*" pubblicato nel 1440.

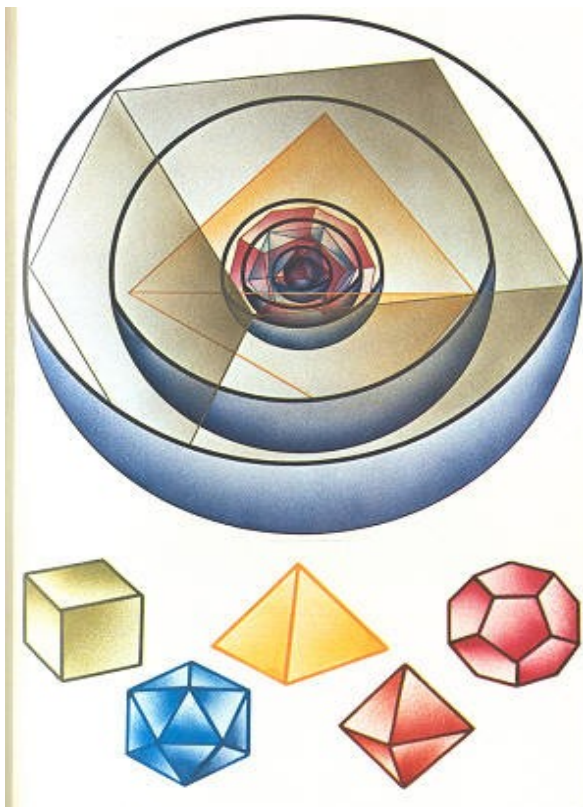
Egli scrive "...la Terra non è il centro dell'Universo...l'Universo può benissimo essere abitato...la Terra veramente si muove, per quanto ciò non ci appaia..." Idee di questo genere ebbero, durante il Rinascimento, ampia diffusione. **Giordano Bruno** (1548-1600), espose il modello copernicano nei dialoghi intitolati "*La cena delle ceneri*" e "*De l'infinito Universo e mondi*", scritti nel 1584 nel suo soggiorno in Inghilterra, integrandolo con la visione più ampia di un Universo infinito ed una pluralità di mondi. Fu questa visione cosmologica, più della teoria eliocentrica di Copernico, a costituire la vera tesi sovversiva per la Chiesa, come traspare dai capi d'accusa che portarono Giordano Bruno al rogo in Campo dei Fiori a Roma il 17 febbraio 1600. Nonostante la forza delle sue convinzioni, egli all'epoca sua ebbe ben scarsa influenza sul mondo della scienza, valga per tutti il caso dell'ostilità di Galileo. Solo il XVIII secolo, con i filosofi illuministi, consacrerà la figura del nolano quale martire della scienza contro l'oscurantismo della Chiesa. Nessuno degli Astronomi della fine del 500 e della prima metà del 600 seppe riprendere le tematiche di Giordano Bruno con il necessario vigore, i tempi non erano ancora maturi, c'era bisogno di osservazioni e dati ancora più precisi per sostituire un sistema consolidato nei millenni e accettato dalle istituzioni. Serviva un grande astronomo osservatore: **Tygge Brahe** (1546-1601), latinizzato in **Tycho**, nobile danese, costruttore dei più perfetti strumenti astronomici prima del telescopio. All'età di 30 anni ottenne dal re di Danimarca la concessione dell'isolotto di Hveen, ove costruì "*Uranibord*", l'osservatorio più importante dell'epoca. Egli demolì la secolare fiducia nella dottrina aristotelica dell'immutabilità dei cieli con le osservazioni della stella nova apparsa nel 1572 nella costellazione di Cassiopea e della cometa apparsa nel 1577, di cui determinò il moto e la distanza dalla Terra, fornendo la migliore prova che fossero corpi celesti, piuttosto che fenomeni atmosferici secondo la dottrina aristotelica.



Oltre i confini dello Spazio Tolemaico

Tycho Brahe non fu mai copernicano, pur riconoscendo l'inadeguatezza del modello tolemaico, non volle abbandonare l'idea della Terra immobile al centro dell'Universo. Il suo modello prevedeva, però, che i cinque pianeti allora conosciuti ruotassero intorno al Sole, che a sua volta orbitasse intorno alla Terra. Egli negò la necessità di ricorrere alle sfere solide e trasparenti che nel sistema tolemaico e in quello copernicano trasportavano con le loro rotazioni uniformi i corpi celesti. Egli dirà:.. "La macchina dei cieli non è un corpo duro ed impenetrabile...i circuiti dei pianeti sono completamente liberi e privi di qualsivoglia sfera reale, essendo divinamente governati da una legge data", anticipando Newton nella comprensione che le orbite fossero il risultato di una legge di natura. Un altro merito di Tycho fu di aver accolto nel suo osservatorio a Praga un valente matematico tedesco, **Giovanni Keplero** (1571-1630) che poté così accedere alle accuratissime misure della posizione di Marte e confrontarle con l'ipotesi copernicana di cui era un fautore.



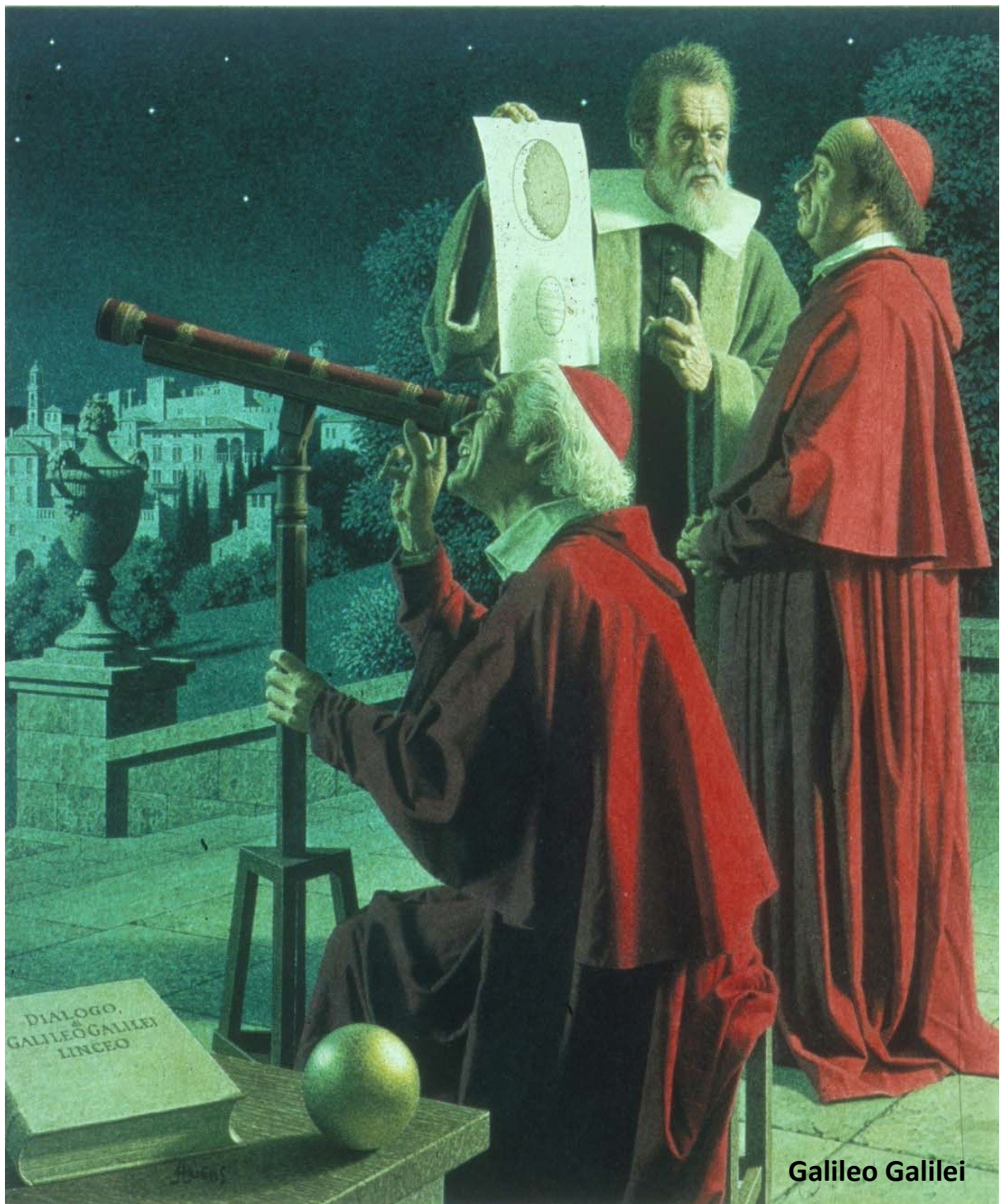


I Solidi Regolari



Keplero

Keplero si accorse presto che nessun artificio passato poteva tener conto dei precisi dati posizionali che Tycho aveva collezionato in quarant'anni di duro lavoro. Egli si avvide che le orbite della Terra e dei vari pianeti potevano essere rappresentate in modo pienamente soddisfacente da una curva ellittica, con il Sole ad occupare uno dei due fuochi. Constatò anche che la velocità con cui i pianeti percorrevano le loro orbite aumentava avvicinandosi al Sole e diminuiva allontanandosene, in modo tale che la congiungente pianeta-Sole spazzasse aree uguali in tempi uguali. Dieci anni dopo scoprì una terza legge che stabiliva la proporzionalità tra il quadrato del tempo di rivoluzione e il cubo del semiasse maggiore dell'orbita. I pianeti più lontani dal Sole avevano, dunque, un moto orbitale più lento rispetto a quelli più vicini. Secondo la terza legge di Keplero un corpo celeste posto alla distanza dal Sole quadrupla rispetto alla Terra, impiegherebbe otto anni per compiere una rivoluzione completa. Le menti che contribuirono a capovolgere le conoscenze scientifiche in quegli anni erano ancora legate al sapere ed ai pregiudizi del passato. Keplero non si sottrasse a questo destino. Egli ricercava un equilibrio nei suoi modelli ispirandosi ad un ideale pitagorico e platonico. Sostenne che la musica e il sistema solare fossero manifestazioni della stessa armonia in cui i pianeti erano le note. La sua intenzione era quella di costruire un modello del Cosmo impiegando le figure geometriche dei cinque solidi regolari a cui, secondo lui, Dio si era ispirato nel creare l'Universo.

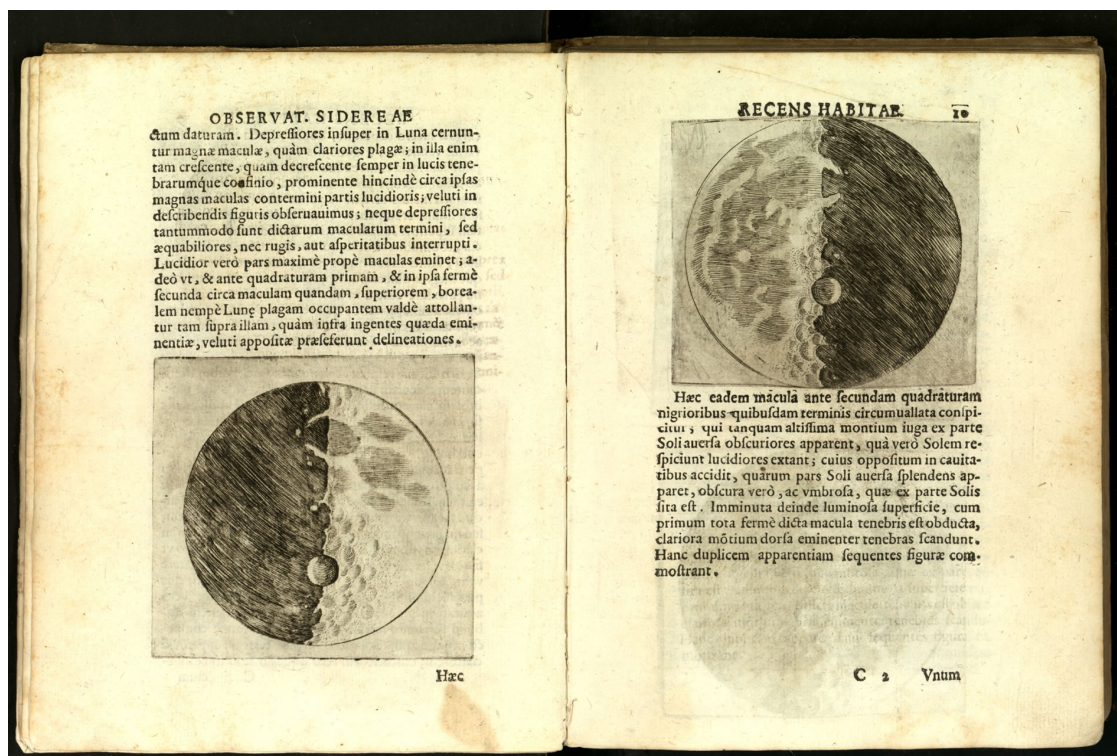


Galileo Galilei

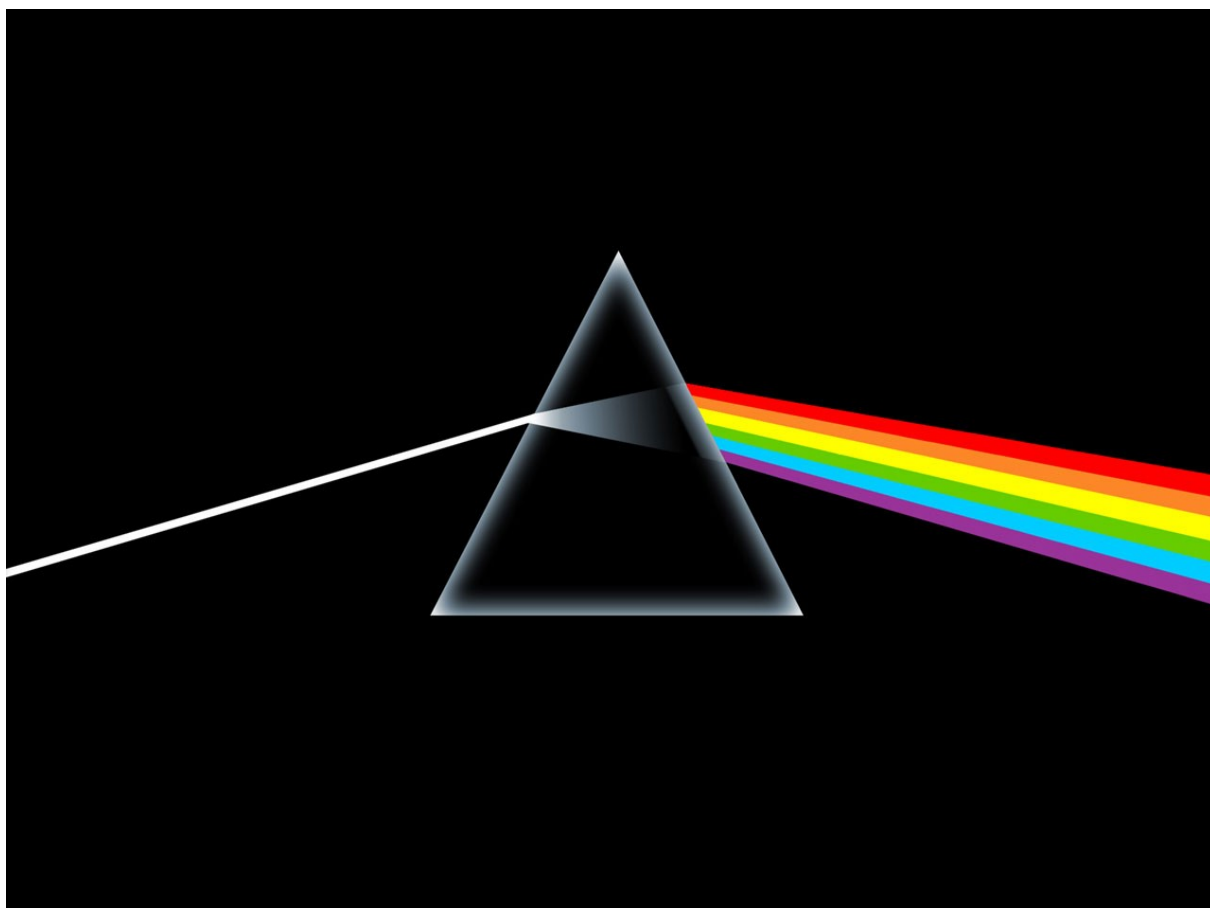
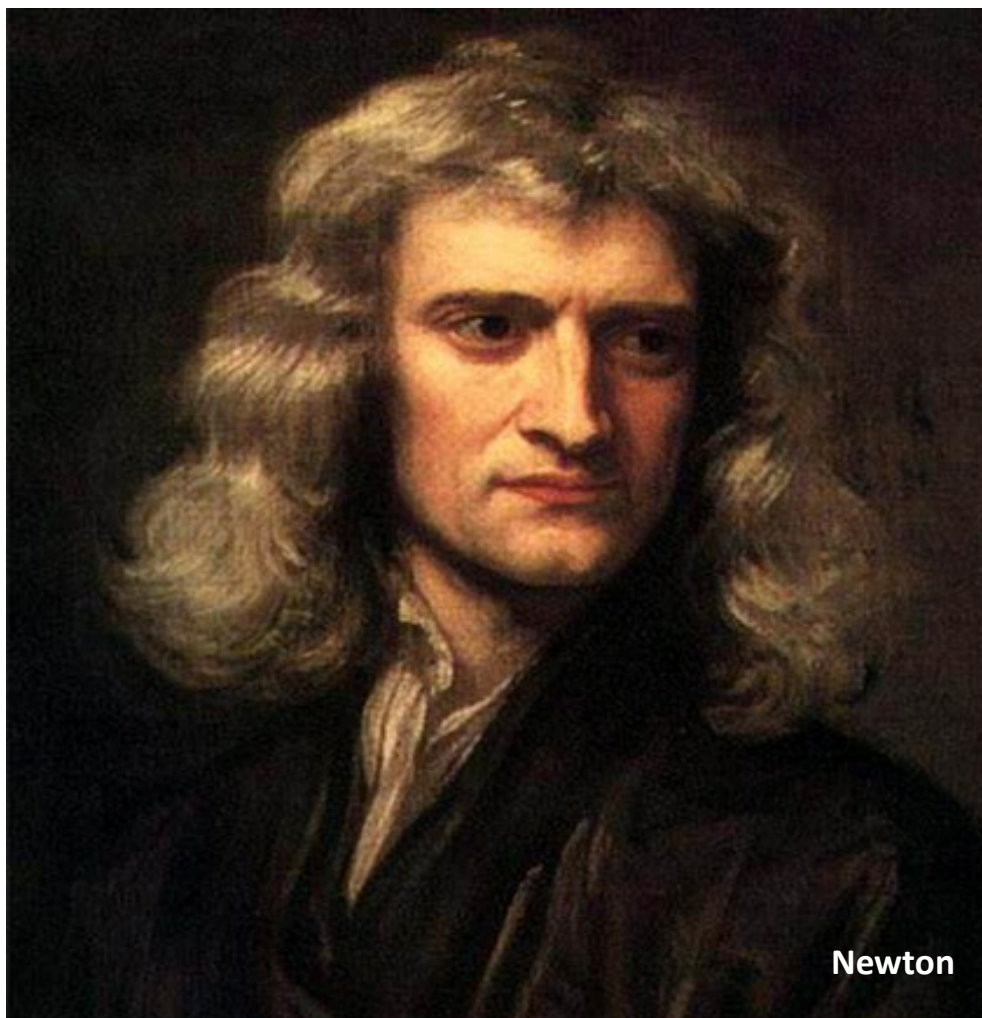
Keplero come il grande Galileo Galilei, rimase prudente in merito alla questione di un Universo infinito, formulando per la prima volta l'obiezione sul buio della notte che più tardi prenderà il nome di "*paradosso di Olbers*", e di cui parleremo diffusamente in seguito.

La nuova Astronomia, allargando i confini del Cosmo fino a dissolverli in uno spazio infinito, offrì allo spirito umano l'ebbrezza della liberazione. Tuttavia un Mondo chiuso, avvolto come un bozzolo da sfere cristalline, era tutto sommato più rassicurante, forniva all'uomo una dimora limitata a sua misura.

Il metodo scientifico, nei millenni che precedettero il Rinascimento, fu solo intuito dai Greci senza raggiungere mai ad una teoria complessiva che si possa definire "fisica" secondo i criteri attuali. Gli stessi inizi del periodo rinascimentale furono ricchi di precursori, ma il personaggio che rappresentò lo spartiacque con il passato fu **Galileo Galilei** (1564-1642), che seppe riconoscere le potenzialità che scaturivano dalla combinazione tra sperimentazione e matematica. L'anno 1609 fu decisivo per la sua vita, docente di geometria ed astronomia a Padova, insegnava agli studenti il sistema tolemaico anche se in privato confessava di preferire l'ipotesi copernicana. Avuta notizia dell' invenzione "da un certo fiammingo di...un occhiale per beneficio del quale gli oggetti...lontani...si vedevano come vicini...", ne realizzò una ricostruzione chiamata in seguito da **Federico Cesi** (1585-1630), telescopio. Quando Galileo volse al cielo lo strumento, gli apparvero cose meravigliose. In rapida successione scoprì i satelliti di Giove, la natura stellare della Via Lattea, le fasi di Venere, la strana configurazione di Saturno e dei suoi satelliti, le macchie solari, i monti della Luna ed altre meraviglie del cielo. Galileo riassunse le sue scoperte astronomiche in un libretto intitolato "*Sidereus Nuncius*" che in pratica inaugurava l'Astronomia moderna. Nel 1611 andò a Roma per illustrare le sue scoperte alle più alte autorità della Chiesa. Il sistema copernicano per Galileo non intaccava la verità delle Scritture ma soltanto la loro interpretazione, posizione non certo gradita alle autorità ecclesiastiche che lo costrinsero all'abiura. Nel Nord Europa, invece, dove la nascita delle chiese riformate aveva indebolito la potenza del clero, la bellezza del messaggio di Copernico, Keplero e Galileo trovò un terreno fertile per svilupparsi. Così fu un Inglese che, dopo aver appreso il "come", spiegò il "perché" del moto dei pianeti.

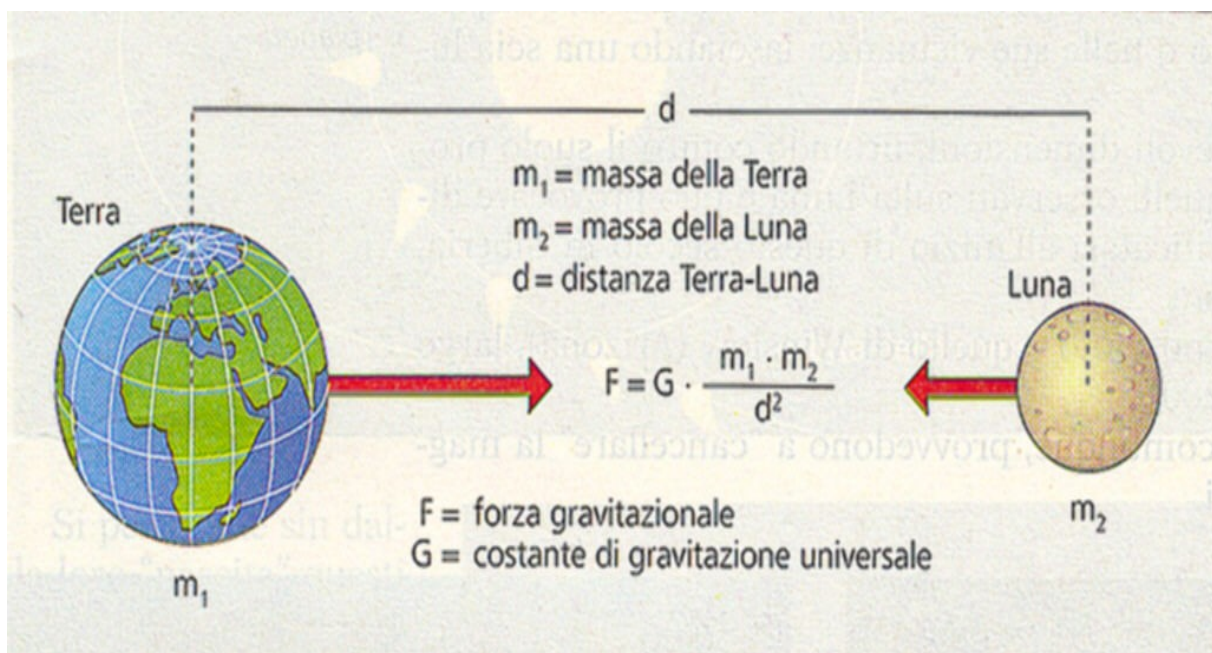


Sidereus Nuncius



Newton

Nato nello stesso anno in cui moriva Galileo, **Isaac Newton** (1642-1727), pose i fondamenti di una meccanica moderna finalmente distante da quella aristotelica, con cui spiegò le cause dei moti dei pianeti attorno al Sole, servendosi anche di uno strumento matematico di grande potenza da lui inventato: il calcolo infinitesimale. Già Galileo aveva espresso il convincimento che i moti naturali dei corpi fossero rettilinei ed uniformi. Newton generalizzò tale principio a tutto l'Universo, posizionandolo come primo delle tre leggi della sua filosofia della natura: in assenza di forze esterne, un corpo rimane in quiete o si muove di moto rettilineo uniforme. Deve perciò esistere una forza che costringa i corpi celesti ad orbitare intorno ad altri oggetti siderali contro la loro naturale tendenza a muoversi di moto rettilineo. Newton la chiamò gravità e riuscì a darne una rappresentazione matematica. Egli ipotizzò che ogni corpo materiale possieda una proprietà intrinseca, chiamata massa gravitazionale, capace di indurre su ogni altro corpo una forza attrattiva, proporzionale al prodotto delle masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. Nel 1686 Newton pubblicò la sua famosa opera "*Philosophiæ naturalis principia mathematica*" che conteneva oltre alla legge di gravitazione, vari studi sul moto dei fluidi e sulle leggi d'urto. Il successo della teoria di Newton fu enorme. Essa permetteva di spiegare il moto dei pianeti intorno al Sole, dando conto perfettamente delle leggi empiriche di Keplero e dimostrando la fondatezza fisica della ipotesi copernicana. Le migliori menti, dal 700 in poi, si dedicarono a ricercare nel firmamento le conseguenze di tale teoria, con risultati strabilianti che andavano dall'accertamento della periodicità delle comete da parte di Halley nel 1705, alla scoperta del pianetino Cerere operata da Piazzi nel 1801, dallo studio delle stelle doppie, alla previsione dell'esistenza di Nettuno, sino ai calcoli per mandare l'uomo sulla Luna, rigorosamente eseguiti servendosi delle leggi di Newton.



L'Astronomia Dopo Newton

Iniziamo ora una veloce panoramica sulle personalità rilevanti che hanno contribuito all'evoluzione della scienza astronomica dai tempi di Newton sino ai nostri giorni: **Christian Huygens** (1629-1687), astronomo fisico e matematico olandese, formulò per primo l'ipotesi della conservazione dell'energia e della natura ondulatoria della luce, in contrasto con il pensiero di Newton che sosteneva la teoria corpuscolare. Fu un ottimo osservatore del cielo, costruendo e progettando egli stesso magnifici strumenti astronomici. **Gian Domenico Cassini** (1625-1712), italiano di nascita ma naturalizzato francese, scoprì negli anelli di Saturno una divisione che prese il suo nome, oltre a vari suoi satelliti. Determinò con buona precisione la distanza dalla Terra al Sole. Si avvide, inoltre, del breve ritardo rispetto ai calcoli con cui Giove eclissava i propri satelliti. Più tardi l'astronomo danese **Ole Romer** (1644-1710) utilizzò le sue osservazioni per confutare la convinzione dell'epoca sulla istantaneità dei fenomeni luminosi. Egli capì che tale ritardo era dovuto al tempo che la luce impiegava per giungere sino a noi dalla profondità dello spazio, riuscendo a calcolarne la velocità con una buona approssimazione.



Cassini



Cometa di Halley

Edmond Halley (1656-1742) oltre a convincere Newton a pubblicare le sue ricerche, è legato alla scoperta della famosa cometa periodica che porta il suo nome.

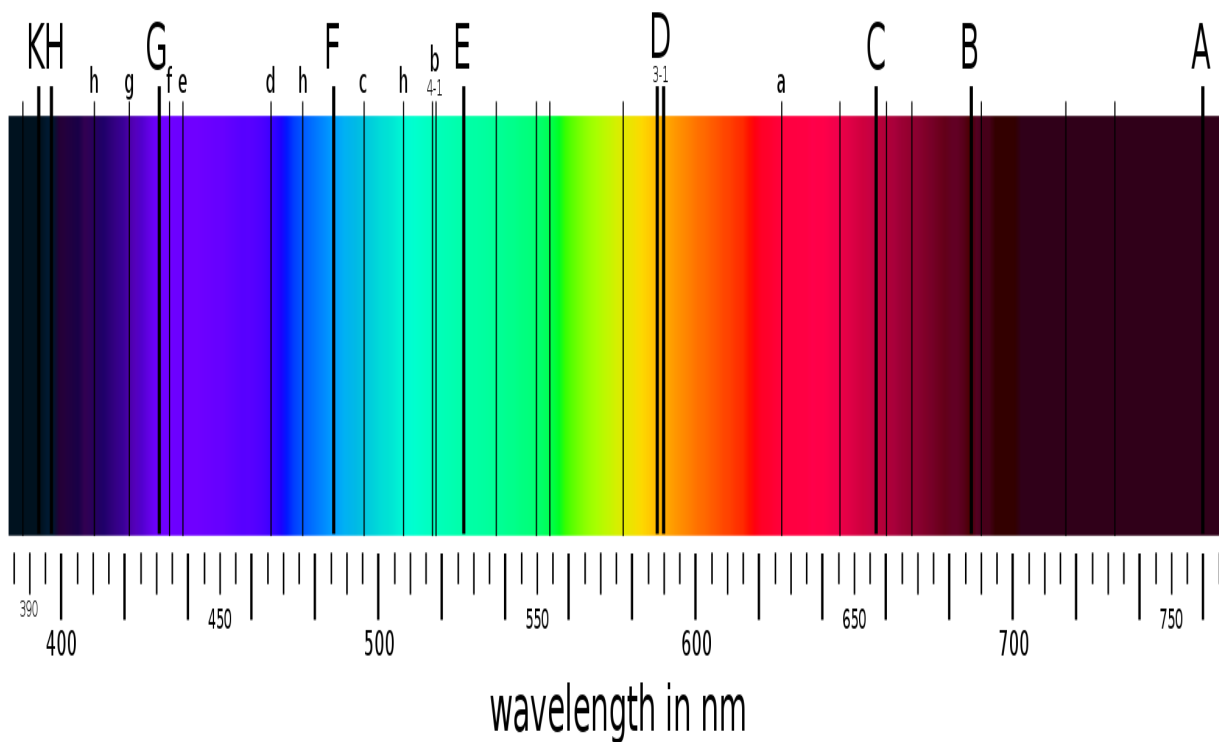
Con i suoi calcoli ne predisse il ritorno ogni 76 anni. **James Bradley** (1693-1762), astronomo inglese, il suo nome è associato alla scoperta dell'aberrazione, cioè il fenomeno fisico che ci fa apparire leggermente spostate le posizioni delle stelle in virtù del moto della Terra e della velocità finita della luce. **Pierre-Simon de Laplace** (1749-1827), astronomo e matematico francese, cercò di risolvere matematicamente il problema del perché i corpi del sistema solare non si muovano seguendo delle ellissi perfette, chiuse e stabili come le immaginò Keplero. Laplace, aiutato dal lavoro di altri illustri scienziati come **Giuseppe Luigi Lagrange** (1736-1813), si cimentò nell'arduo compito, dimostrando come il Sistema Solare nella sua evoluzione dinamica, sia stabile e non si possa disgregare per cause interne. Egli partecipò al fermento culturale che tentava di spiegarne l'origine, visto che si riteneva ormai in grado la meccanica celeste di descrivere la complessità del Creato. Laplace scriveva: "ad una intelligenza che, a un dato istante, conoscesse tutte le forze di cui la natura è animata...nulla sarebbe incerto per essa e il futuro, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi".



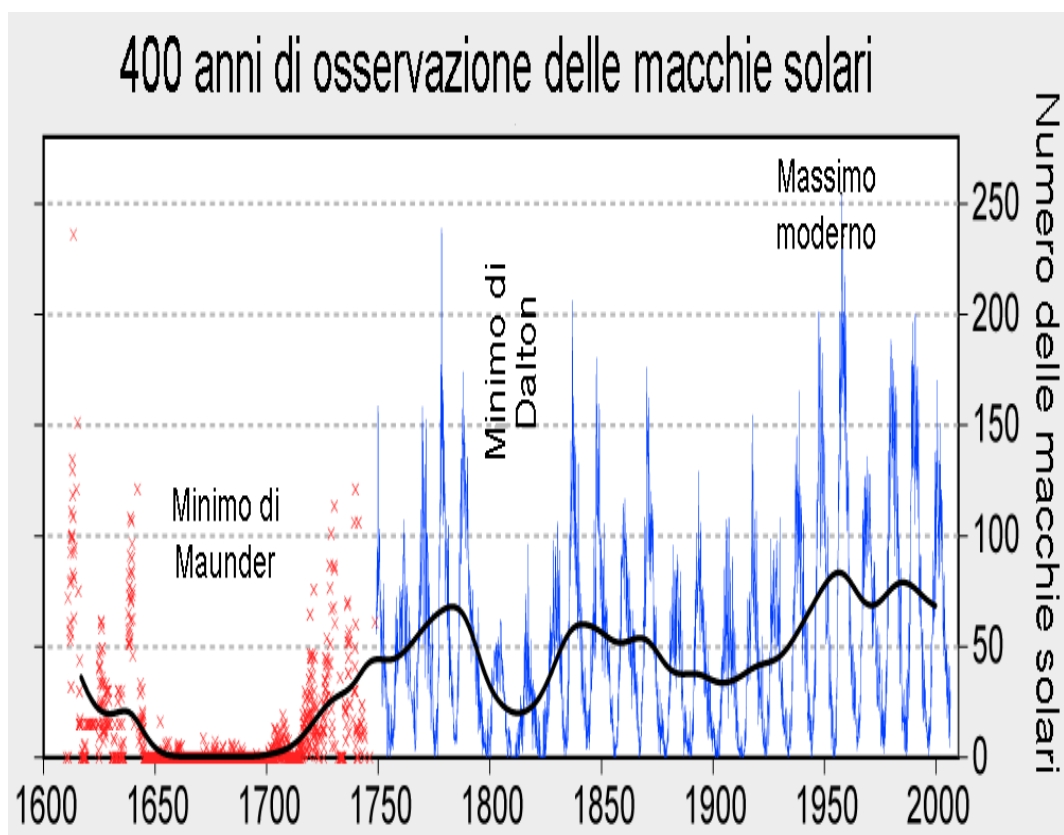
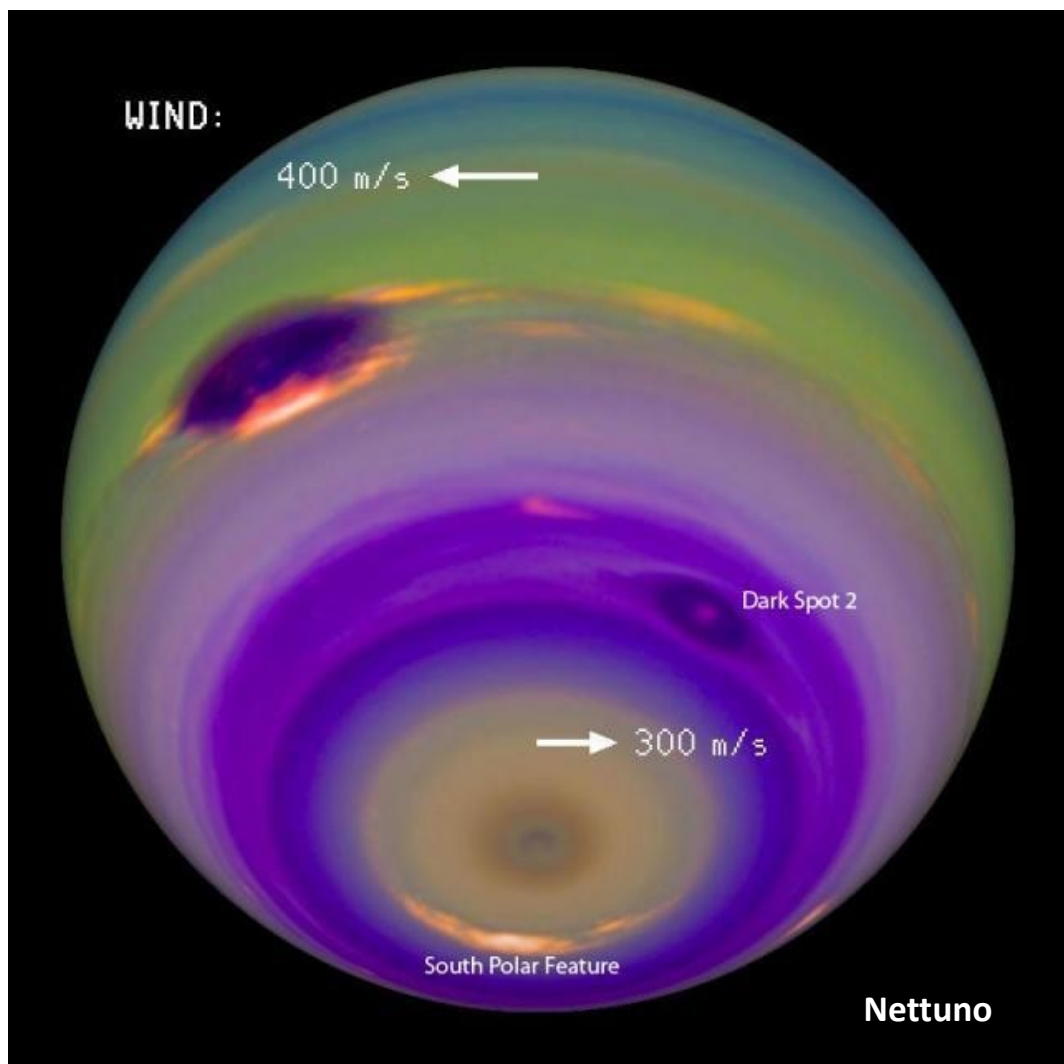
Diede, poi, veste matematica alla teoria già formulata dal filosofo tedesco **Immanuel Kant** (1724-1804), che il Sistema Solare si fosse formato per condensazione progressiva e quindi per separazione da una nebulosa primigenia, in contrasto con l'ipotesi di **Georges-Louis Leclerc de Buffon** (1797-1788), che sosteneva che un impatto catastrofico sul Sole, quale la caduta su di esso di una cometa, avesse fatto distaccare del materiale incandescente da cui si sarebbero formati i pianeti. La teoria di Laplace dominò la scena scientifica nei successivi 150 anni, fino alla formulazione nel 900 ad opera di *Weiszaecker* della ipotesi dei "*Planetesimi*".

Charles Messier (1730-1817), astronomo francese, accanito cercatore di comete, compilò un importante catalogo di un centinaio di corpi celesti che potevano essere confusi con le comete stesse. Questo catalogo raccoglie gli oggetti del cielo tra i più belli ed accessibili ai piccoli telescopi. **William Herschel** (1738-1822) astronomo di origine tedesca, nel 1781 osservò casualmente il pianeta Urano, scoperta che gli portò fama ed onori.

Egli continuò le sue ricerche astronomiche costruendo strumenti giganteschi per l'epoca, riuscendo con essi ad avere un quadro realistico della forma della nostra Galassia, sebbene ne avesse erroneamente collocato al suo centro il Sistema Solare. **Joseph Von Fraunhofer** (1787-1826) fu artefice nel 1812 di una piccola rivoluzione strumentale, sfruttando un prisma scompose la luce solare notando che nello spettro erano presenti delle righe nere che egli classificò secondo la denominazione delle lettere dell'alfabeto. Più tardi *Kirchhoff* ne diede la corretta interpretazione fisica. Fraunhofer perfezionò l'eliometro, strumento che avrebbe consentito al tedesco **Friedrich Wilhelm Bessel** (1784-1846) nel 1838, di misurare per la prima volta il piccolo angolo sotteso dalla stella 61 Cygni con la differente posizione stagionale della Terra nel suo moto intorno al Sole (*Parallasse stellare*), calcolandone con metodi trigonometrici la distanza. Nel 1848 **Johann Rudolf Wolf** (1816-1893) introdusse un metodo di misura giornaliero delle macchie solari per calcolare l'andamento della attività della nostra stella nel tempo, riuscendo a determinare svariati cicli periodici, il più evidente dei quali ha una durata di circa 11 anni. Il 23 settembre del 1846 si ebbe la scoperta di Nettuno ad opera del francese **Urbain Le Verrier** (1811-1877), che indicò all'astronomo tedesco **Johann Gottfried Galle** (1812-1910) dove puntare il telescopio dell'osservatorio di Berlino. Egli era giunto a questa predizione attraverso i calcoli delle perturbazioni che mostrava il pianeta Urano. Si trattò del trionfo della meccanica celeste e della matematica applicata.



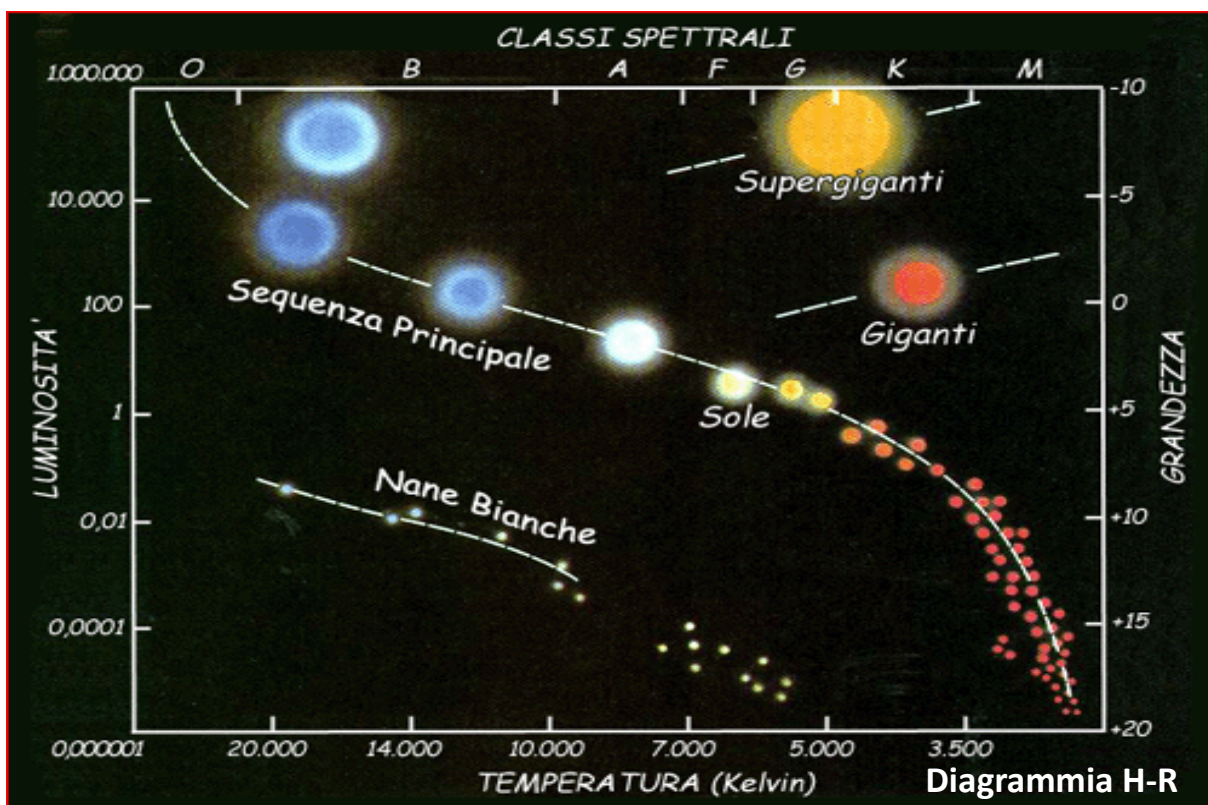
Spettro Solare con righe di Fraunhofer



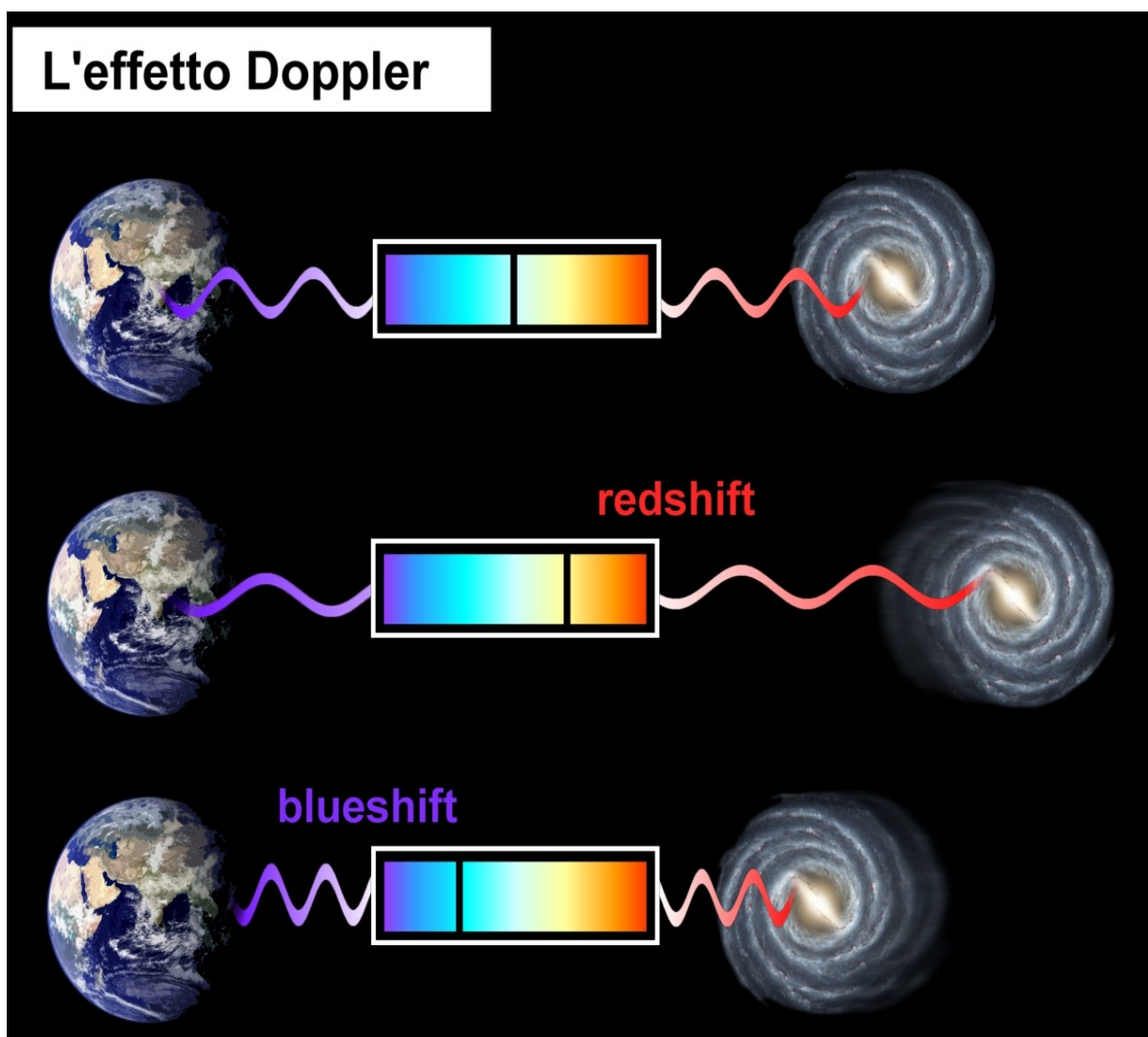
Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), cercò di identificare gli elementi chimici mediante la colorazione della fiamma posta a contatto con le sostanze. L'amico **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887) suggerì l'idea di osservarla attraverso uno spettroscopio, scoprendo la correlazione tra le sostanze e le righe di Fraunhofer. Padre **Angelo Secchi** (1818-1878) proseguì l'opera dei due tedeschi classificando le stelle in quattro categorie secondo il loro spettro, più tardi si trovarono nel Sole delle righe di un elemento sconosciuto, chiamato poi elio. La sua scoperta ad opera del britannico **Joseph Lockyer** (1836-1920), fu fondamentale per l'Astronomia, poiché l'elio è una sostanza chiave nel processo evolutivo delle stelle. Evoluzione che possiamo comprendere meglio anche grazie al famoso diagramma trovato indipendentemente dagli astronomi **E. Hertzsprung** (1873-1967) e **H.N. Russell** (1821-1894), una delle più grandi scoperte astrofisiche del XX secolo, che associa due caratteristiche essenziali delle stelle: il tipo spettrale e la magnitudine assoluta. Con questo strumento siamo in grado di rispondere a molti quesiti sui misteri dell'Universo, l'essenza stessa delle stelle, il loro passato ed il loro futuro.

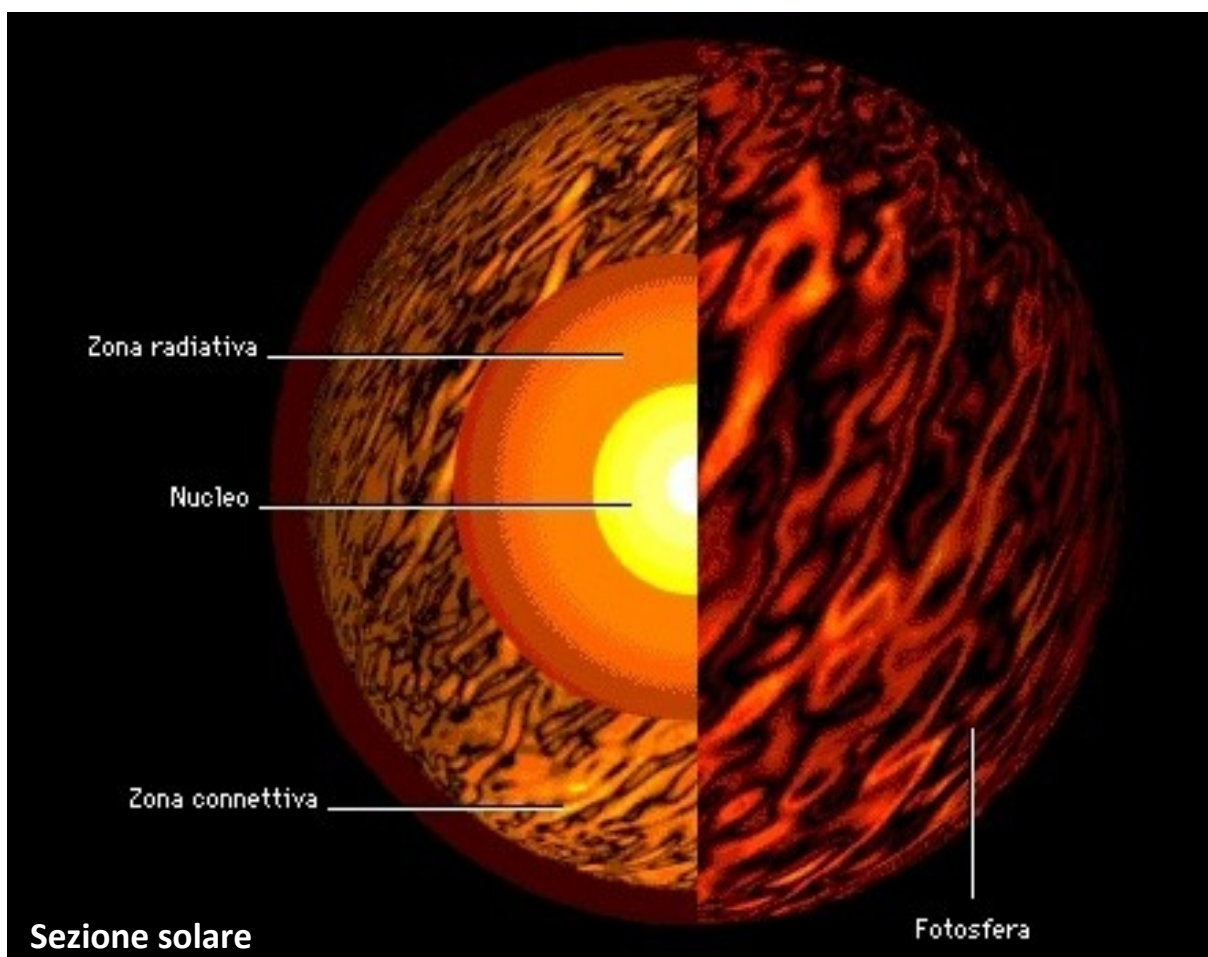
Arthur Eddington (1882-1944), affrontò due grandi problemi astrofisici della sua epoca: studiare l'interno delle stelle e verificare la teoria della Relatività Generale.

Il meccanismo di produzione dell'energia delle stelle non era noto all'inizio del secolo ventesimo. Si ipotizzava che potesse essere un effetto di una lenta contrazione gravitazionale, come da ipotesi di **Lord Kelvin** (1824-1907) ed **H.von Helmholtz** (1821-1894). Eddington trovò la via giusta: suppose che l'energia nel Sole fosse portata in superficie solo dalle radiazioni elettromagnetiche, scrisse quindi l'equazione che descriveva le condizioni delle stelle via via che si procedeva dalla loro superficie verso l'interno.



I lavori di Einstein avevano indicato la possibilità di convertire materia in energia, ciò indusse Eddington ad ipotizzare che esistesse un modo diverso da quello della contrazione gravitazionale per produrla, forse legato alle proprietà della struttura atomica. L'enigma fu sciolto alla fine degli anni trenta del ventesimo secolo da **Hans Bethe** (1906-2005): egli dimostrò che il Sole attingeva la sua forza dalla trasmutazione nucleare dell'idrogeno in elio. Eddington propose anche l'idea di sfruttare un'eclissi totale di Sole per verificare se la deflessione dei raggi luminosi delle stelle, in presenza della massa solare, fosse compatibile con la teoria della Relatività Generale di Einstein, trovandone una conferma oggettiva. **Walter Baade** (1893-1960), fu uno degli scienziati europei emigrati negli Stati Uniti tra le due guerre mondiali. Egli dimostrò che nella Galassia esistevano due tipologie di stelle, una presente soprattutto nel disco galattico, relativamente giovane, chiamata *Popolazione 1*, e l'altro gruppo indicato come *Popolazione 2*, di miliardi di anni più vecchie, che popolavano i nuclei galattici e gli ammassi globulari. Nel 1915 si cominciarono ad acquisire gli spettri di una cinquantina di nebulose a spirale di cui ancora si ignorava la natura. Esse presentavano uno spostamento

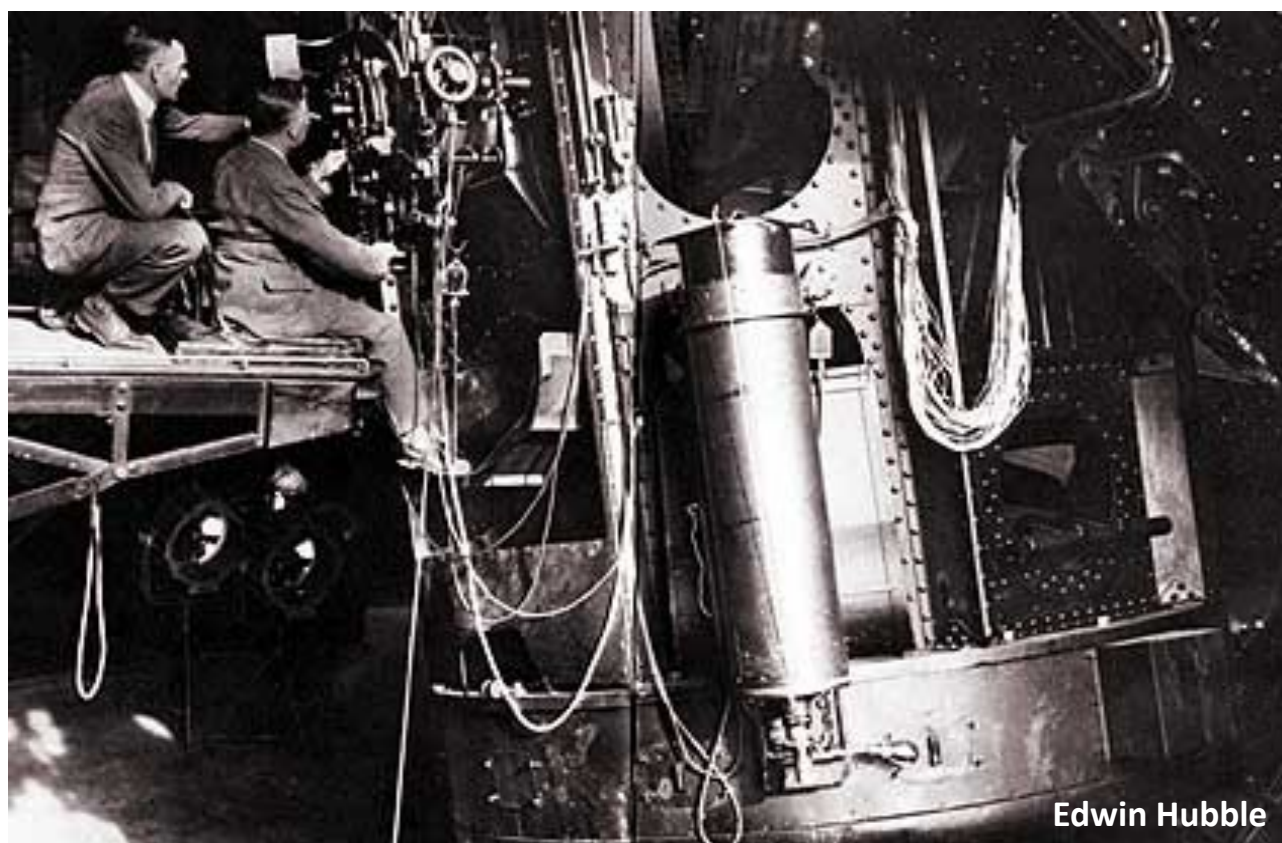




delle righe spettrali verso il rosso e **Vesto Slipher** (1875-1969) ne interpretò giustamente la causa come "*effetto Doppler*" : queste nebulose si stavano allontanando da noi. All'inizio del ventesimo secolo era in atto un'aspra contesa su cosa fossero le nebulose a spirale che oggi sappiamo essere galassie esterne alla nostra "*Via Lattea*". La questione restò aperta fino al 1925, quando l'astronomo americano Hubble, annunciò di avere scoperto numerose stelle del tipo cefeidi in spirali vicine. Si trattava di stelle variabili di tipo già noto, che erano ottimi indicatori di distanza e che Shapley aveva già usato nel 1918 per valutare la localizzazione degli ammassi globulari. **Harlow Shapley** (1885-1972) fu il contendente di **Heber Curtis** (1872-1942) in questa disputa sulla natura delle spirali. La sua tesi che esse fossero nebulose di piccole dimensioni relativamente vicine, fu infine confutata. Così comparvero improvvisamente una moltitudine di oggetti nuovi extragalattici che **Edwin Hubble** (1889-1953) avrebbe sapientemente usato per scoprire che in nostro Universo è in espansione. Egli, misurando lo spostamento verso il rosso delle righe spettrali delle galassie, scoprì che si allontanavano più velocemente, maggiore era la distanza che le separava dalla Terra. Si rese conto che riavvolgendo il nastro del tempo all'indietro, l'Universo, miliardi di anni fa, doveva essere contenuto in un punto di inconcepibile massa e temperatura.



Classificazione delle Galassie



La straordinaria simmetria, ovunque si guardi, di questa recessione delle galassie, rispetto all'osservatore terrestre, potrebbe di nuovo far pensare ad un posto privilegiato della Terra nel Cosmo. In realtà non è così : noi assistiamo non alla fuga delle galassie ma all'espansione dello spazio che le contiene, cosicché ogni osservatore nell'Universo avrebbe la stessa erronea percezione. Nel 1934, dopo che in laboratorio si era provata l'esistenza di particelle chiamate *neutroni*, si ipotizzò, da parte di Zwicky e Baade, che esplosioni stellari quali le supernovae avrebbero potuto lasciare come residuo un nucleo formato da neutroni, scagliando nello spazio tutto il resto del materiale della stella. Nel 1967 **Jocelyn Bell** (n.1943) e **Antony Hewish** (n.1924), rivelarono nello spazio dei segnali radio pulsanti: avevano scoperto le "*Pulsar*", stelle ai neutroni in veloce rotazione, che come fari cosmici ci illuminavano ciclicamente con il loro fascio di luce. Nel 1783 lo scienziato inglese **John Michell** (1724-1793) suggerì che la velocità di fuga su di una stella massiccia avrebbe potuto essere superiore a quella della luce, generando di fatto una stella nera. Nel 1795 Laplace divulgò nel suo trattato di meccanica celeste questa idea. Con la *Relatività Generale* di Einstein, grazie alla elaborazione fatta da **Karl Schwarzschild** (1873-1916), si calcolò un confine intorno a certe stelle massicce collassate, dove la luce non sarebbe potuta sfuggire. Il fisico **John Wheeler** (1911-2008) li chiamò "*Buchi neri*". Allo stato attuale della conoscenza, essi sono i motori degli eventi galattici più catastrofici. Si ipotizza che siano al centro dei "*quasar*" e producano un'immensa quantità di energia fagocitando materia dallo spazio. I *quasar* sono oggetti che al telescopio ottico appaiono come semplici stelle, in realtà si tratta di corpi celesti posti lontanissimo nel Cosmo. Furono scoperti alla fine degli anni cinquanta con i radiotelescopi ma la loro identificazione come oggetti extragalattici si ebbe solo nel 1963, quando **Maarten Schmidt** (n.1929) ne rivelò il fortissimo spostamento delle righe spettrali verso il rosso.

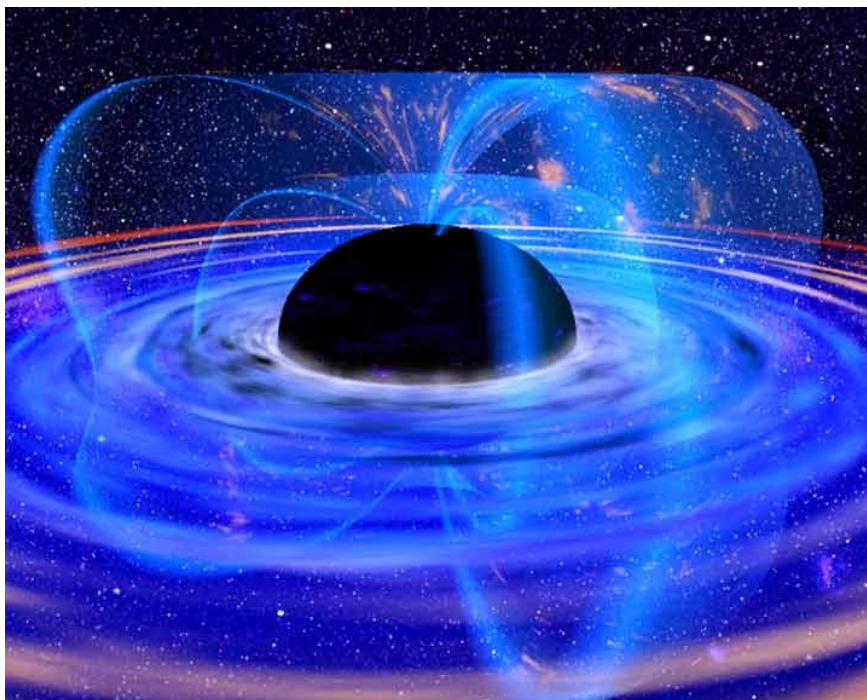


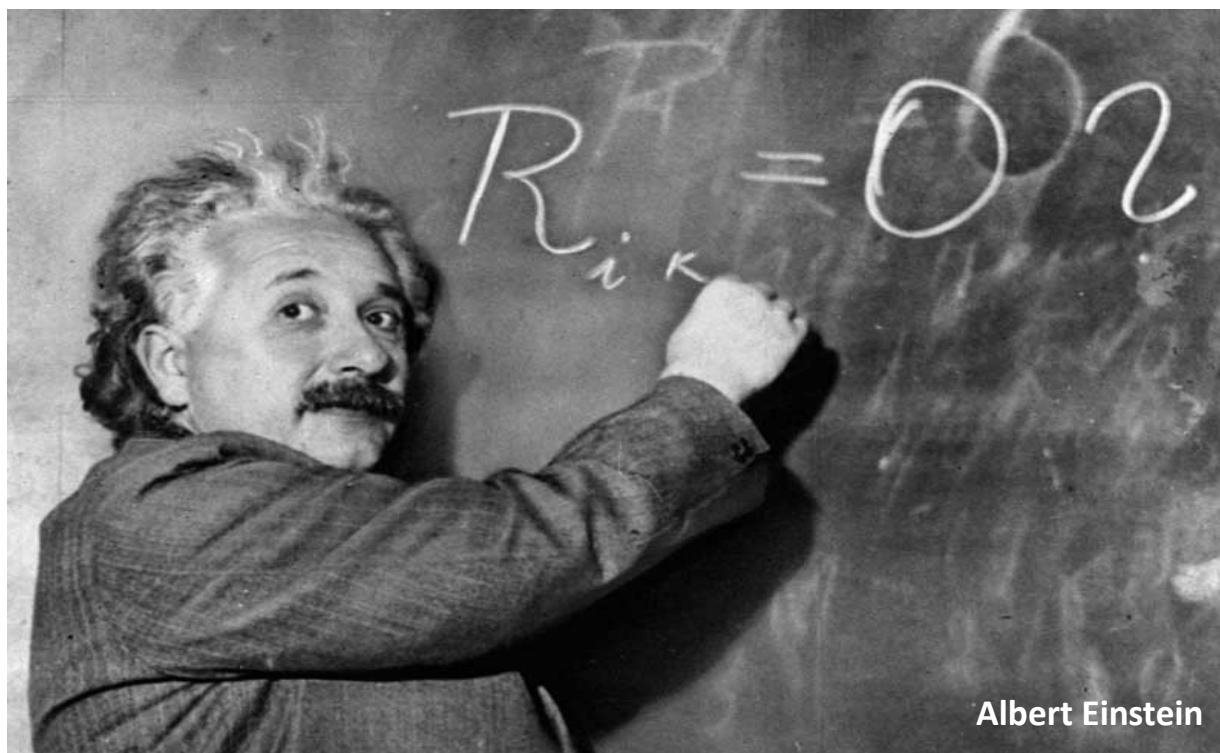
Immagine artistica di un buco nero

Cosmologia Moderna

Il primo a cercare una soluzione moderna al problema dell'estensione dell'Universo fu Newton. Egli stabilì che un Universo finito non poteva essere stabile e col tempo sarebbe collassato al suo centro. La materia doveva perciò essere dispersa in modo uniforme in uno spazio euclideo infinito, nel contesto di un tempo assoluto ed eterno. Anche un Cosmo infinito e statico non sarebbe stato però privo di problematiche. Innanzi tutto, a dispetto dell'opinione di Newton, anch'esso avrebbe sofferto di instabilità. Altro problema, in uno spazio infinito riempito uniformemente di astri, in qualsiasi direzione si guardi si dovrebbe osservare un corpo luminoso. La somma di tutte queste stelle renderebbe il cielo notturno più splendente del giorno. Questo paradosso, espresso per la prima volta da Keplero, prese il nome dell'astronomo dilettante **Heinrich Olbers** (1758-1840) che ne formulò una versione nel 1823. La risposta a tale paradosso non è banale e si è avuta solo attraverso la recente cosmologia relativistica con i suoi modelli di Big Bang. L'origine del buio della notte è da ricondurre alla finitezza dello spazio e del tempo, nonché alla espansione cosmologica dell'Universo.



Immagine artistica del Big Bang



Dopo aver scritto le equazioni della Relatività Generale, **Albert Einstein** (1879-1955) le utilizzò per un compito cui la meccanica di Newton era inadeguata: la costruzione di un modello autoconsistente di Universo. Le sue equazioni funzionavano così bene da suggerirgli una evidenza che egli stesso non fu in grado di cogliere: l'espansione dell'Universo. All'epoca tale espansione non era nota ma le sue equazioni non consentivano il realizzarsi di un equilibrio in un Cosmo statico. Einstein fu costretto ad aggiungere un parametro arbitrario, la "*Costante Cosmologica*" per evitare che il suo modello collassasse. Da un punto di vista geometrico l'Universo di Einstein è di tipo sferico, con curvatura positiva, un raggio di luce partito in una certa direzione, viaggierebbe in linea retta solo in apparenza, ma in realtà seguirebbe la curva dello spazio e alla fine ritornerebbe su se stesso, al punto di partenza. L'Universo, secondo questa concezione, sarebbe dunque finito, perché non ci si può allontanare infinitamente da un suo determinato punto, ma anche illimitato, perché in esso ci si può muovere all'infinito seguendo un'unica direzione senza mai incontrare barriere. L'uomo sarebbe prigioniero in questo mondo a tre dimensioni come una formica che posta su una palla non incontrerebbe limite nel camminarci intorno. **Alexander Friedmann** (1888-1925), matematico russo, propose altri modelli di Universo in cui si realizzava un equilibrio dinamico: l'esito dell'espansione e della geometria dello spazio qui dipendono dall'energia originariamente iniettata. L'Universo può espandersi all'infinito, contrarsi sotto il richiamo della forza gravitazionale, o come situazione intermedia, che corrisponde ad una geometria euclidea, avere una costante ed infinita decelerazione.



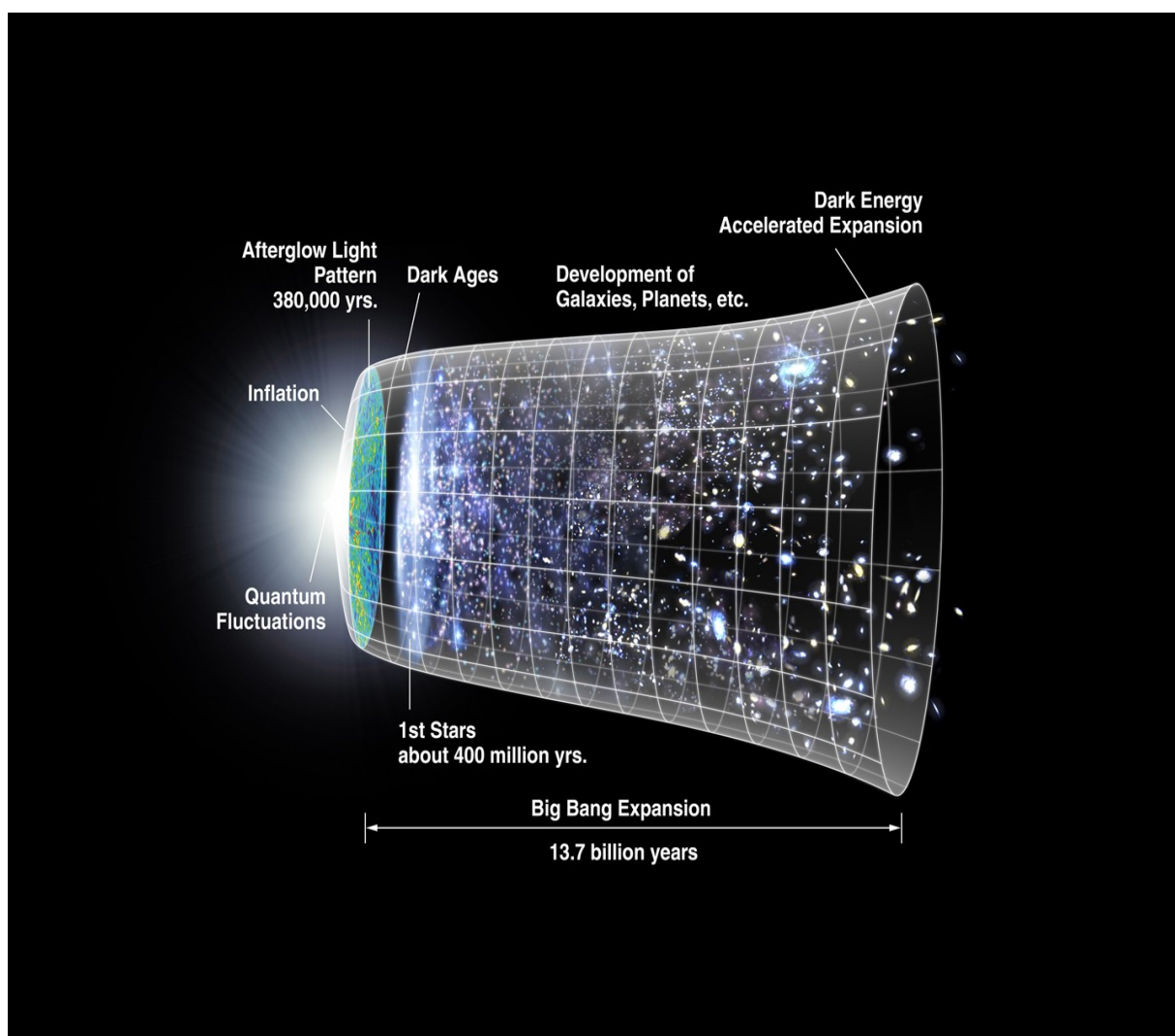
L' antenna di Arno Penzias e Robert Wilson

Che l'Universo sia finito o infinito dipenderebbe dalla quantità di materia in esso contenuta ed in teoria sarebbe possibile, attraverso le osservazioni astronomiche, scoprire in quale tipologia di universo viviamo. Nel 1948 due astrofisici inglesi **Hermann Bondi** (1919-2005) e **Thomas Gold** (1920-2004), tentarono di descrivere l'Universo senza ricorrere alla singolarità iniziale da cui sarebbe scaturito il "grande botto" dell'espansione del Cosmo. Essi ipotizzarono un Universo stazionario formulando il cosiddetto "*Principio cosmologico perfetto*": la struttura e le proprietà del Cosmo su larga scala sono sempre le stesse ovunque e in tutti i tempi. Come il corso di un fiume, dove l'acqua cambia sempre ma il flusso rimane costante, così l'Universo in espansione dovrebbe creare nel suo interno una piccola quantità di materia, basterebbe un atomo di idrogeno per centimetro cubo ogni milione di miliardi di anni, per mantenere costante la sua densità nel tempo. Questa elegante teoria ebbe vita breve. Già nel 1948, il fisico russo **George Gamow** (1904-1968) aveva sviluppato le conseguenze della teoria cosmologica del "Big Bang" caldo, prevedendo che l'Universo si sarebbe evoluto, dilatandosi e raffreddandosi a partire da uno stato di estrema concentrazione ed altissima temperatura. Il graduale raffreddamento nei miliardi di anni, secondo i suoi calcoli, avrebbe portato l'Universo a raggiungere attualmente una temperatura di 5 gradi Kelvin. Nel 1964 due fisici dei laboratori Bell, **Arno Penzias** (n.1933) e **Robert Wilson** (n.1936), stavano lavorando alla calibrazione di una antenna sensibilissima alle onde millimetriche senza riuscire a liberarsi di un fastidioso "ronzio", ovunque la puntassero, corrispondente ad una temperatura di 2.7 gradi Kelvin.

A loro volta un gruppo di astrofisici della vicina università di Princeton, capeggiato da **Robert Dicke** (1916-1997) e **James Peebles** (n.1935), era impegnato nella costruzione di un'antenna allo scopo proprio di confermare l'ipotesi di Gamow. Lo spettro della emissione trovata da Penzias e Wilson, aveva la forma caratteristica di quella di un corpo nero, essa era dunque la radiazione termica fossile residua del Big Bang, la pistola fumante in mano agli astronomi investigatori.

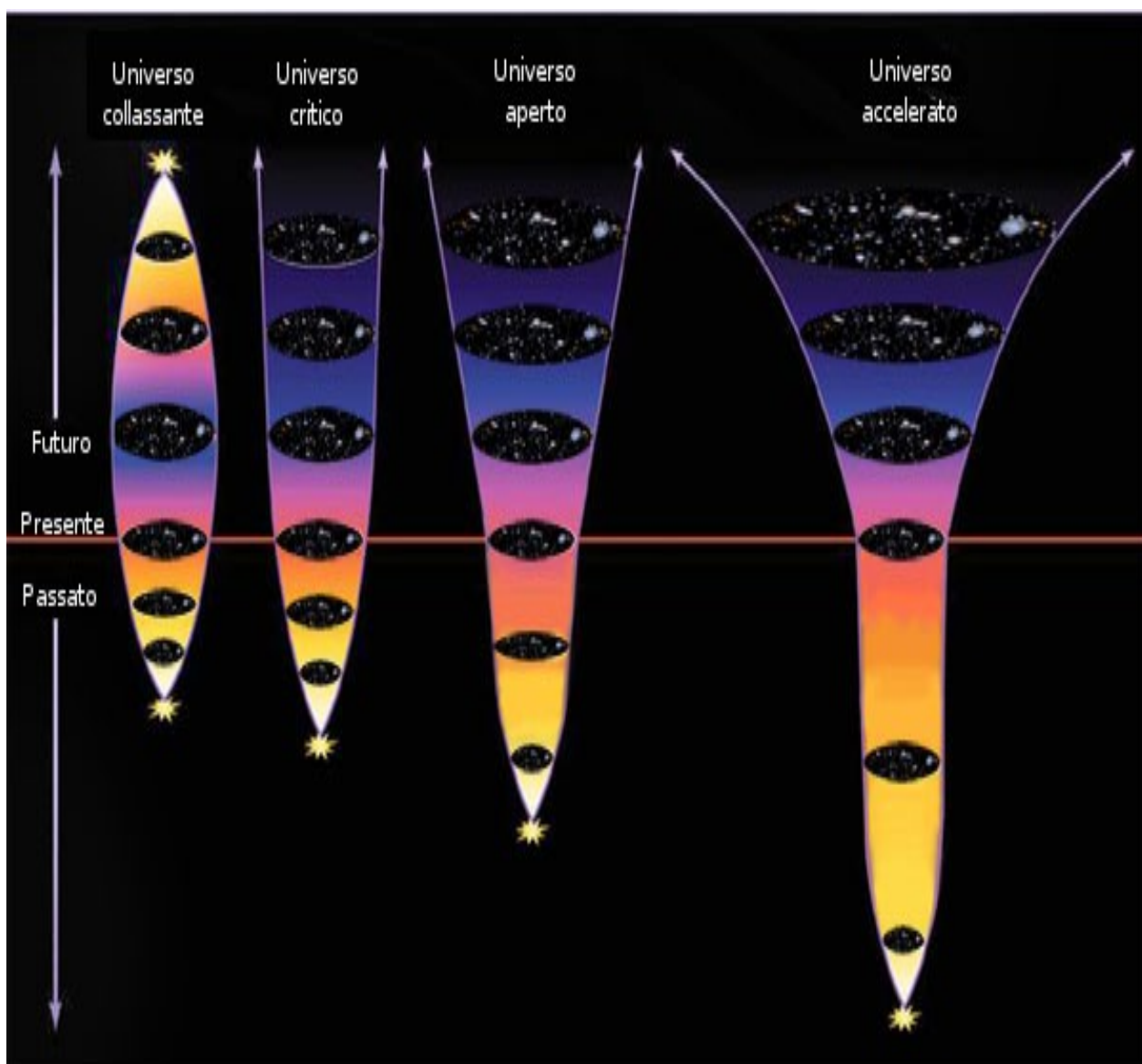
Per risolvere le problematiche legate alla omogeneità dell'Universo attuale, nel 1981 l'americano **Alan Guth** (n.1947) propose un modello noto con il nome di "*Universo Inflazionato*" dove, nei primi istanti di vita, esso subì un'espansione rapidissima che ne livellò le disomogeneità, per poi subire un cambiamento di stato, una transizione come dal ghiaccio all'acqua, che gli diede gli attuali parametri di espansione.

Chiudiamo questo breve sguardo nella storia dell' Astronomia accennando ai problemi aperti dalle ricerche degli ultimi anni. Gli astronomi, calcolando la massa necessaria per tenere insieme gli ammassi di galassie, ovvero la velocità di rotazione delle galassie stesse, si sono accorti che la materia visibile è solo una frazione di quella necessaria per rendere conto dell' attrazione gravitazionale prevista. Non può trattarsi di materia ordinaria sfuggita all'osservazione come polvere, pianeti o particelle elementari a noi note.



Siamo di fronte al mistero di una fonte gravitazionale esotica dieci volte più abbondante di quella conosciuta. Ma non è finita qua. L'espansione dell'Universo dovrebbe subire un rallentamento ai propri confini. Invece, recenti osservazioni, confermano una decisiva accelerazione come se una *energia oscura* facesse da contraltare all'attrazione gravitazionale.





Più ci addentriamo nella moderna descrizione dell'Universo, più appare chiaro che la sua comprensione sia legata a filo doppio con la conoscenza che il genere umano riuscirà ad acquisire nella fisica quantistica e delle particelle elementari, attraverso modelli matematici e geometrici sofisticatissimi, spesso difficili da provare sperimentalmente e lontani dalla nostra esperienza quotidiana. Come nel Rinascimento l'uomo si era liberato dalle sfere cristalline che lo limitavano ma al tempo stesso lo proteggevano, così l'uomo moderno dovrà affrontare un lungo periodo d'incertezza nella ricerca di un equilibrio superiore di conoscenza astronomica.

ASTR I S
Ast.ronomical R.oman I.ndependent S ociety

INDICE

<i>Le Origini</i>	<i>pag. 1</i>
<i>La Civiltà egizia</i>	<i>pag. 3</i>
<i>Le Civiltà mesopotamiche</i>	<i>pag. 5</i>
<i>I Greci</i>	<i>pag. 6</i>
<i>I Romani</i>	<i>pag. 13</i>
<i>Gli Arabi</i>	<i>pag. 14</i>
<i>Astronomia nelle americhe</i>	<i>pag. 16</i>
<i>I Cinesi</i>	<i>pag. 21</i>
<i>Astronomia rinascimentale</i>	<i>pag. 22</i>
<i>Newton</i>	<i>pag. 31</i>
<i>L'Astronomia dopo Newton</i>	<i>pag. 32</i>
<i>Cosmologia moderna</i>	<i>pag. 42</i>

In copertina
“ammasso aperto delle Pleiadi”
“Galileo”
“Rosetta”