

ASTRONOMIA:

*"La bellezza di poter osservare
il cielo rimanendo con i piedi
per terra"*

Prof. Paolo Spera

INTRODUZIONE AL CORSO

Astronomia (= dal greco e dal latino), Scienza che studia gli astri e cioè le stelle e tutti gli altri corpi luminosi. Riflettendo su questo corso che sta per iniziare, la prima cosa che mi è venuta in mente è relativa ad una comune esperienza: lo stato d'animo, le sensazioni che tutti abbiamo provato di fronte all'immensità del cielo stellato di una serata invernale, magari quando l'aria è molto tersa dopo un vento di tramontana. Il turbamento ci deriva dalla vastità e incommensurabilità di ciò che ci appare. La mancanza di un confine va al di là della nostra esperienza sensibile, al di là dell'ordine con cui la nostra psiche è stata strutturata.

L'essere umano della più remota antichità, proprio partendo da questo forte disorientamento rispetto a ciò che era visibile alla luce del Sole, ha espresso da subito il bisogno di orientarsi tramite l'osservazione e lo studio paziente e metodico dei fenomeni astrali che gli si presentavano.

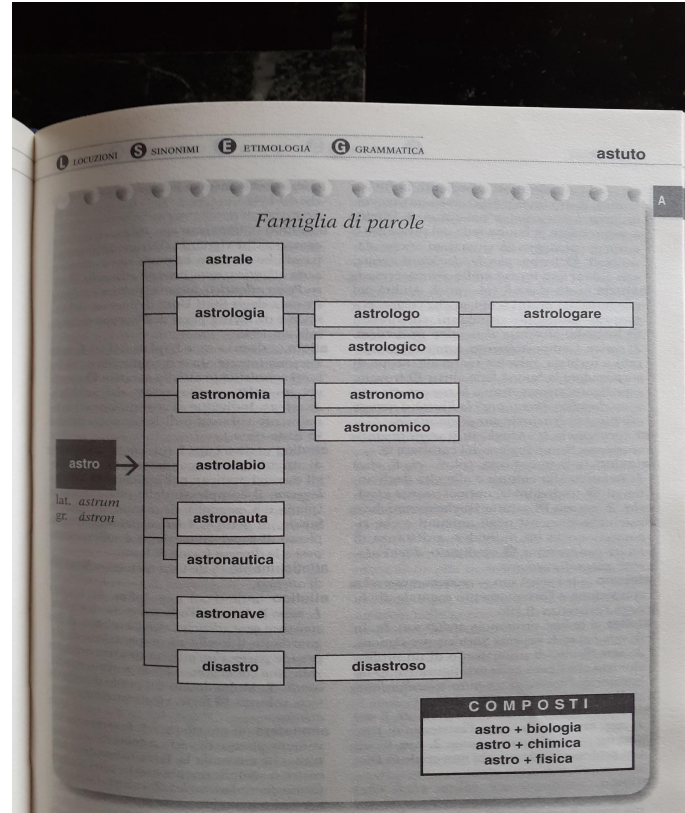
La necessità di un proprio orientamento è dunque un nostro bisogno fondamentale ed è stato alla base della nascita della Astronomia. Esso si è sviluppato come bisogno di orientarsi sia nello spazio che nel tempo. Noi esseri umani del XXI secolo, che come struttura psichica non siamo poi tanto diversi da quegli uomini che da diversi millenni hanno iniziato a guardare il cielo, quando non abbiamo una direzione precisa entriamo in confusione e stiamo male. La prima cosa da fare sarebbe di dirci che siamo disorientati e così ci potremmo fermare ed osservare attentamente per studiare un punto di partenza che ci consenta di intravedere quella che è la direzione per noi ottimale.

Lo studio della Astronomia ed in particolar modo della Astronomia antica ci può essere così di aiuto come strumento per poter vivere meglio osservando i passaggi che sono stati fatti per creare un ordine nel Mondo astronomico. Purtroppo l'essere umano di oggi è risucchiato da ritmi di vita concitati e raramente si ferma ad osservare il cielo. Ammesso che ci riesca, dato che l'inquinamento luminoso non ci aiuta davvero in questa direzione!

GLI ARGOMENTI DI QUESTO CORSO

Seguiremo lo schema tradizionale nello studio dei tre argomenti astronomici fondamentali e cioè: l'Universo profondo, il Sistema solare, il pianeta Terra. Vorrei sottolineare il fatto che le conoscenze in Astronomia si sono talmente ampliate negli ultimi decenni da far diventare questa disciplina un Universo essa stessa di conoscenze. Questo fatto ci porterebbe a pensare che in tema di Universo noi siamo arrivati a conoscere gran parte del Mondo Fisico che ci circonda. Niente di più falso! Nella realtà dei fatti noi dell'Universo conosciamo solo un 5% di fronte ad un 95% del tutto ignoto. Non è un paradosso, ne parleremo nel momento in cui affronteremo le teorie sulla struttura e sulla evoluzione dell'Universo stesso.

IL VOCABOLO "ASTRO"



L'ASTRONOMIA DEL PASSATO

L'Astronomia viene considerata da tutti la Scienza più antica le cui origini si situano nell'epoca della civiltà babilonese. Una trattazione esaustiva della storia dell'Astronomia richiederebbe numerose lezioni. Citerò le tappe più importanti di questo percorso di conoscenze, chi lo desidera potrà approfondire nei numerosi testi che si possono facilmente trovare su questo argomento.

La più antica tavoletta di carattere astronomico ci perviene da Nippur (Babilonia centrale), siamo nel 1500 a. C. circa. Vi si intravede un Universo costituito da otto cieli racchiusi uno nell'altro. Il tutto è completato da una progressione aritmetica di numeri che permettono di descrivere i fenomeni periodici e quindi il vagare dei Pianeti fra le stelle fisse.

VOLVELLA PER DETERMINARE LE DATE DELLE ECLISSI



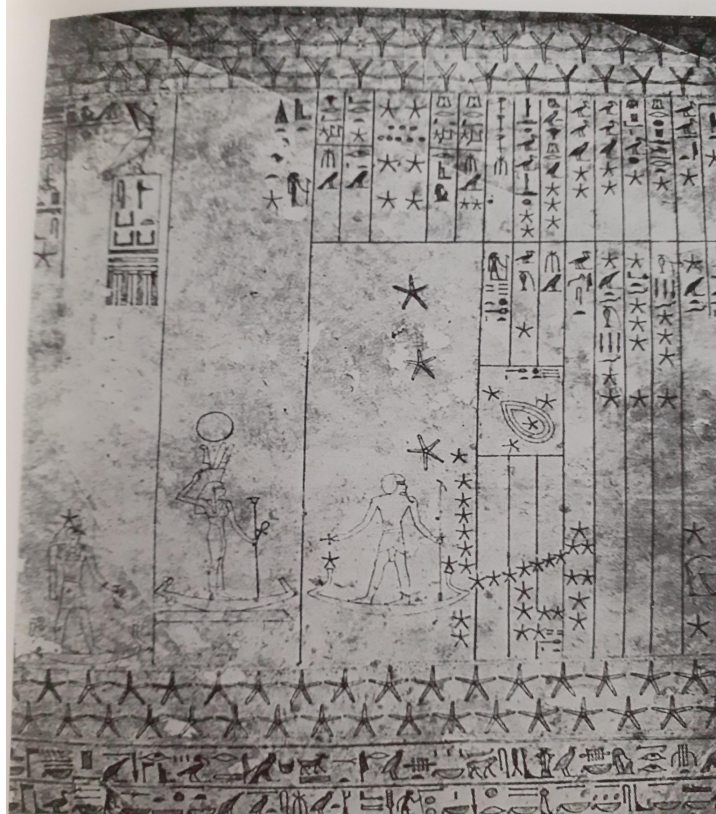
Nel millennio e mezzo successivo a questi primi ritrovamenti gli scienziati mesopotamici accumularono le osservazioni e svilupparono le teorie matematiche che permisero loro una buona descrizione empirica dei moti della Luna, del Sole, dei Pianeti, della variazione del giorno e della notte.

Dobbiamo sottolineare che ci fu, da parte dei primi storici dell'Astronomia antica, una sopravvalutazione del periodo babilonese attribuendo ad esso una sorta di leggendaria perfezione. Come esempio possiamo ricordare la previsione dell'eclisse del 28 maggio del 585 a. C. da parte di Talete di Mileto e riportata da Erodoto nelle *Storie* (I, 74). Fu poi definitivamente confermato che gli Astronomi babilonesi non potevano avere a quell'epoca gli strumenti per determinare una tale previsione.

Il Calendario e le Sfere cristalline

In tutte le epoche della storia babilonese si usò un calendario lunare. Il giorno ed il mese cominciavano la sera in cui la sottile falce della Luna emergeva per la prima volta dopo il novilunio. L'anno egizio (III millennio) iniziava con la levata eliacca di Sothis (Sirio) e durava 365 giorni. Quest'ultimo veniva denominato dagli agricoltori anno vago a causa del fatto che venivano a mancare 6 ore circa ogni anno. Le conseguenze erano uno scivolamento in avanti nelle stagioni con gravi sfasamenti nelle pratiche agricole. Il vantaggio dell'anno egizio stava nella sua semplicità e praticità tanto che fu adottato dall'epoca di Tolomeo fino a quella di Copernico!

SOFFITTO DI TOMBA EGIZIA



Il calendario ha avuto dalle sue origini e fino alla riforma di papa Gregorio XIII del 1582, una storia tortuosa e difficile per il fatto che il periodo di rivoluzione della Terra intorno al Sole e l'unità di riferimento che è il giorno, sono due unità fra loro incommensurabili. Di queste problematiche ne parleremo più avanti con le misure del tempo che, come è noto, sono legate ai moti periodici della Terra.

Affrontiamo adesso quella che è stata la cosmologia del passato. La cosmologia è la scienza che studia l'Universo inteso sia da un punto di vista scientifico che filosofico-esistenziale. Lì oltre che le scienze fisiche moderne come l'astrofisica e la relatività generale, afferiscono le grandi domande che l'uomo si è posto fin dalla più remota antichità: da dove veniamo, chi siamo, dove andiamo? In quell'ambito i filosofi della Grecia antica come Aristotele ed in seguito Tolomeo elaborarono un modello teorico che potesse dare una spiegazione ai moti degli astri. E' la costruzione delle Sfere cristalline e sopravvisse per circa 2 mila anni!

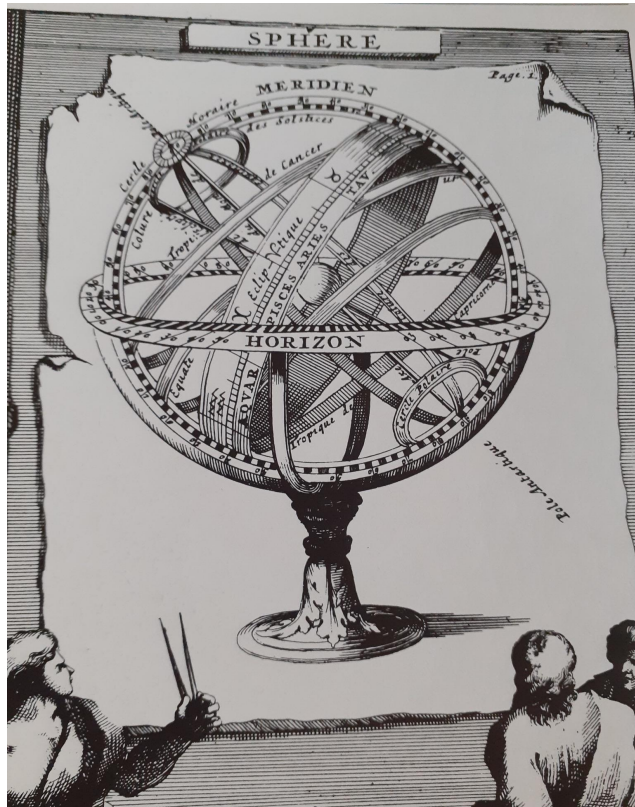
Uno dei modelli cosmologici più rappresentativi dell'antichità è senza dubbio quello di Aristotele (384 - 322 a. C.) da Stagira. Le idee di Aristotele, come la struttura dell'Universo, fornirono l'ossatura su cui venne costituendosi l'intero corpo della Scienza medievale. Allievo di Platone, fondò dopo la morte del maestro la scuola dei peripatetici (= passeggiare intorno) chiamata così per la consuetudine di tenere la lezione nel peripatos o chiostro. Dopo che ebbe terminato i suoi studi di Biologia (Aristotele si può considerare per il suo approccio moderno al mondo naturale come il primo degli scienziati naturalisti) egli si diede alla costruzione di una visione generale dell'Universo. Ma le sue concezioni fisiche ed astronomiche differivano profondamente da quelle biologiche per il fatto che non erano il frutto di una esperienza personale. E furono proprio le sue concezioni fisiche ed astronomiche ad influenzare profondamente i secoli seguenti!

Paradossalmente i suoi studi biologici furono trascurati dai posteri ed infine dimenticati per essere riportati in onore in tempi relativamente recenti. Aristotele adottò il sistema planetario eudossiano (Eudosso da Cnido) o concentrico, più tardi modificato da Callippo da Cizico, allievo di Eudosso. Il cerchio e la sfera sono le figure geometriche perfette e per tale ragione furono prese a fondamento della struttura del mondo. Il cosmo era pertanto formato da una serie di sfere concentriche con la Terra al centro. Aristotele materializzò tali sfere descrivendole come sfere cristalline. Esternamente alla Terra si trovano gli orbi della Luna, poi quelli del Sole, quindi quelli di Mercurio, di Venere, di Marte, di Giove e di Saturno. Infine il cielo delle stelle fisse. Le otto potenze del cielo, però dovevano conservare anche una certa indipendenza (come si sarebbe spiegato il moto retrogrado dei pianeti esterni e quello della Luna?) per cui Aristotele introdusse ulteriori orbi rispetto a quelli di Eudosso arrivando ad un totale di 56 sfere! Orbi che girano in senso inverso rispetto agli orbi principali e che nell'insieme racchiudono la completa armonia del cosmo! A tutto questo vi è da aggiungere un concetto fondamentale su cui si è strutturata la psiche dell'essere umano di quei tempi. E cioè che la materia (i quattro elementi di Empedocle) era imperfetta, corruttibile e tendeva per sua natura verso l'alto, verso la sua purificazione. Il cielo delle sfere cristalline, invece, era puro, incorruttibile, perfetto. Si creava così una dicotomia nella profondità dell'essere umano dove ovviamente gli aspetti religiosi avevano la preminenza. Riflettete su quale sconquasso avrebbe creato la cosiddetta rivoluzione copernicana, portando ad una frammentazione che non è stata mai più ricomposta!

DA TOLOMEO ALLA SCIENZA ARABA

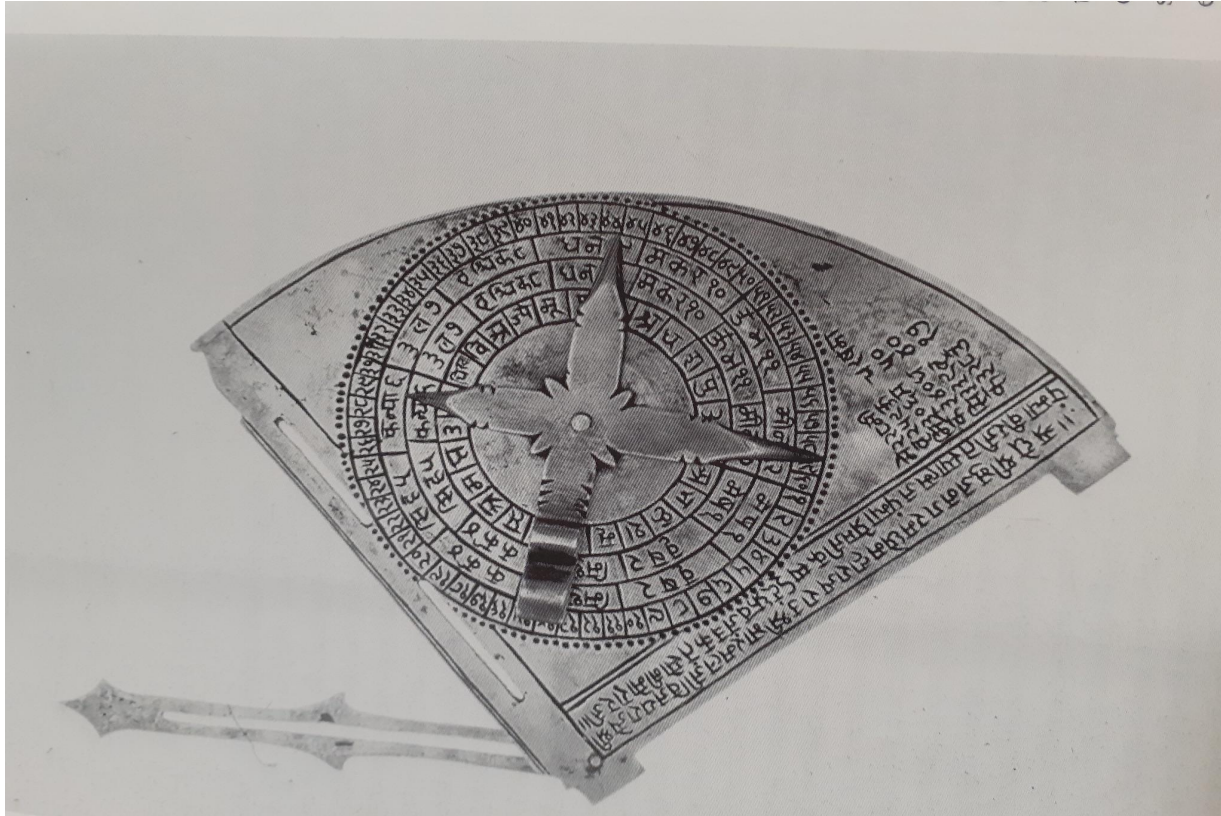
Claudio Tolomeo da Alessandria d'Egitto visse attorno al 140 d. C. e riuscì ad elaborare la più grande sintesi astronomica dell'antichità. La sua opera, *l'Almagesto*, dà una rappresentazione matematica del mondo fisico. La sua teoria rimase immutata fino al tempo di Keplero. La grande conquista di Tolomeo fu quella di presentare un Universo come un tutto unificato unito al fatto di posizionare la Terra all'interno del cerchio principale delle orbite dei pianeti. Oltre ad aver catalogato la posizione di un grande numero di stelle e costellazioni, utilizzò dei nuovi strumenti astronomici di misura come per esempio la sfera armillare.

SFERA ARMILLARE



Nel IX secolo il califfo abbaside di Bagdad, Abù Ja'far Abdullah al-Ma'mùn creò uno dei centri di studio più imponenti che la storia umana abbia mai conosciuto col nome di Bayt al-Hikma, *La casa della saggezza*. Fu un'epoca in cui menti geniali spinsero le frontiere della conoscenza così in alto da plasmare le civiltà che seguirono fino ai giorni nostri. E' stata una cultura a lungo ignorata e a tutt'oggi in buona parte ancora da esplorare. Per circa 700 anni la lingua internazionale della Scienza fu l'arabo! Una civiltà antica non aveva mai avuto tanti astronomi quanti ne impiegò la civiltà islamica fra l'VIII ed il XIII secolo. Si aprirono, per la prima volta, delle vere scuole astronomiche sia pubbliche che private con campagne di osservazioni spesso trentennali. Gli astrolabi più antichi di cui siamo rimasti in possesso sono arabi e risalgono al secolo X. L'astrolabio fu il più complesso strumento astronomico di cui si disponesse fino al secolo XVI. A partire dal secolo XIII ebbe inizio la decadenza della Scienza araba. Si preparava un cambiamento che avrebbe portato l'occidente latino, dopo aver subito l'influenza del pensiero arabo, a conquistare il primato culturale.

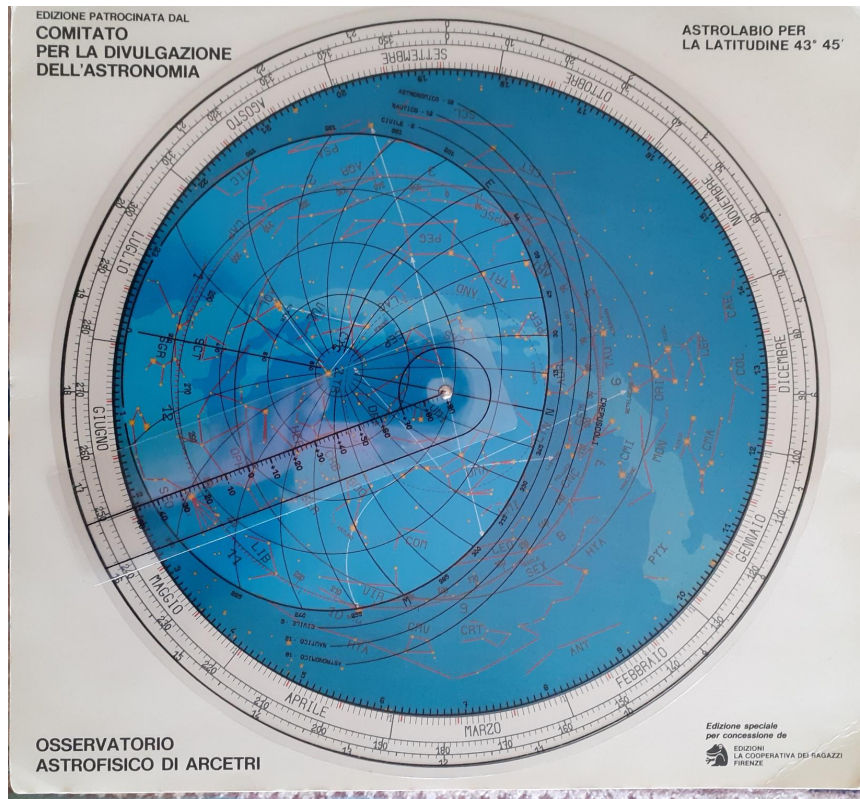
NOTTURLABIO INDIANO



ASTROLABIO INDIANO



ASTROLABIO MODERNO



LA RIVOLUZIONE ASTRONOMICA

Ha rappresentato la trasformazione più importante che si ricordi nella storia del pensiero, proiettando l'umanità intera nell'epoca moderna. Ci occuperemo delle figure più importanti di questa trasformazione epocale che sono state Copernico, Keplero e Galilei.

Nicolò Copernico (1473 - 1543) è stato colui che per primo aprì una breccia nella costruzione aristotelica che potremmo dire essere stata completamente abbattuta solo col contributo, oltre che di Keplero e Galilei, di Newton. Con Copernico l'Universo acquista una armonia. Al centro il Sole, cui seguono Mercurio, Venere, la Terra, la quale assume il rango di semplice pianeta, Marte, Giove e Saturno. Infine la sfera delle stelle fisse, della quale Copernico non osa dire che è infinita, lasciando ai filosofi l'incombenza di risolvere questo problema, ma che è in ogni caso molto più vasta del cosmo degli antichi, come dimostra l'assenza di una parallasse annua nelle stelle. Uno dei limiti di Copernico è il mantenimento del moto circolare uniforme, un altro limite è che lui credeva nella corporeità delle sfere portanti: la Terra ed i pianeti erano trasportati dai loro orbì anziché muoversi liberamente nello spazio!

TOLOMEO E COPERNICO

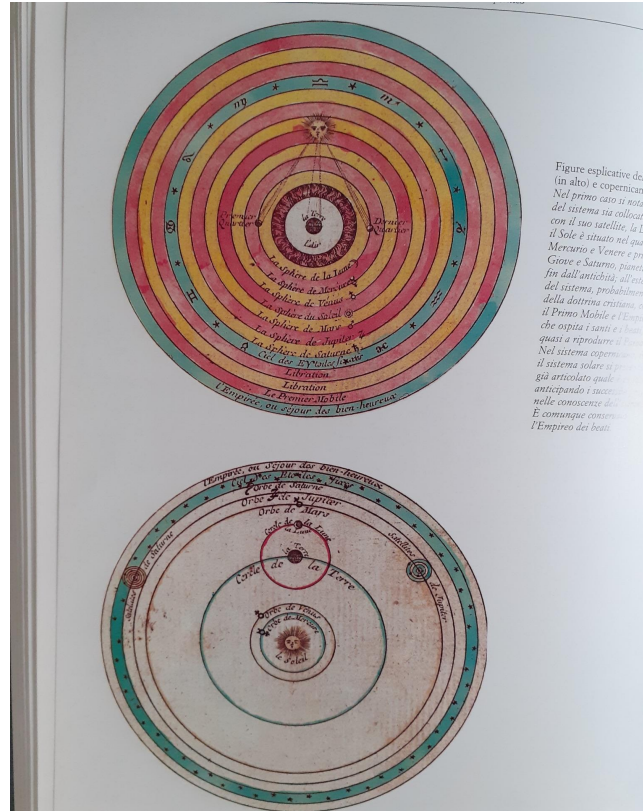
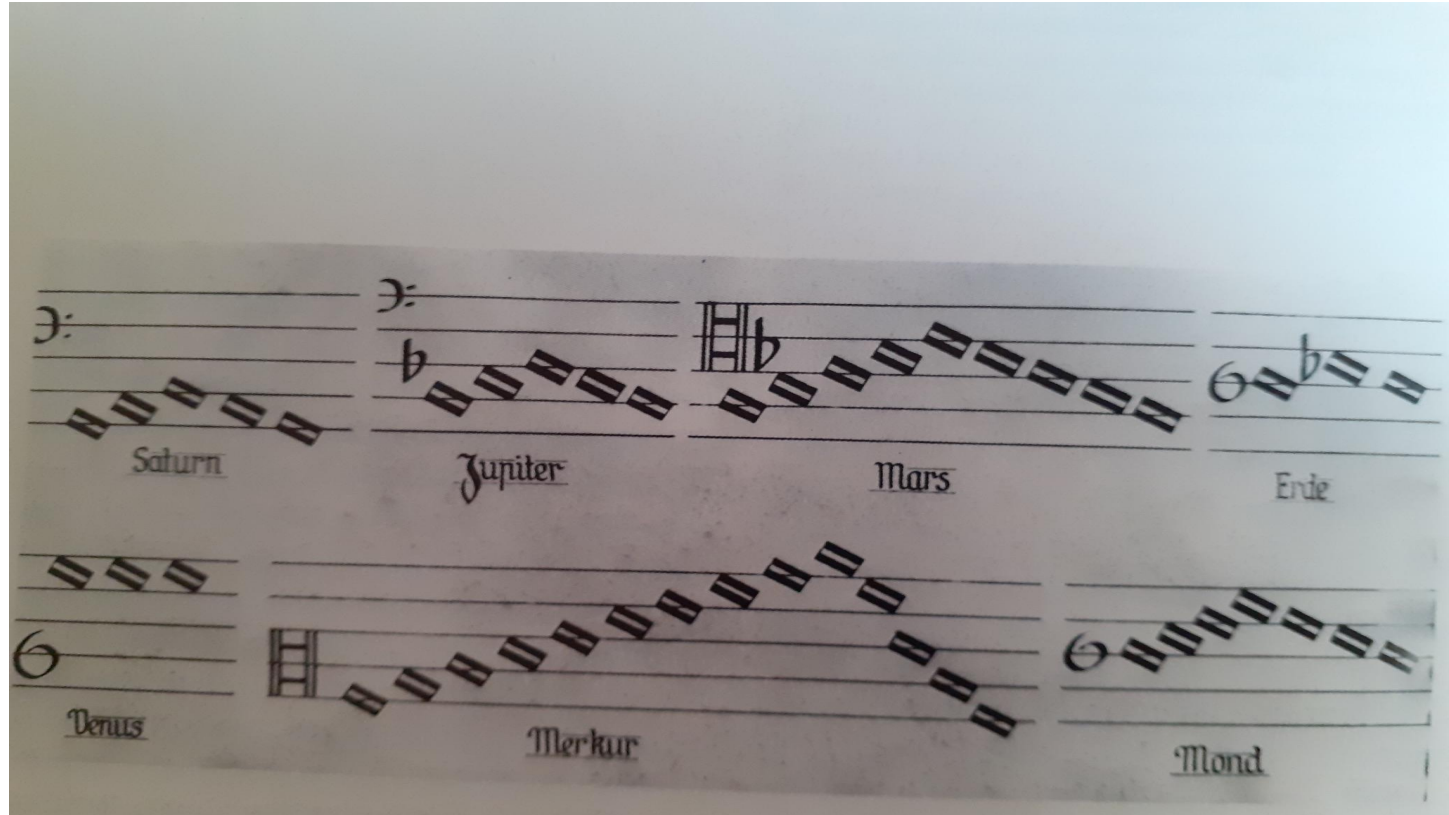


Figure esplicative del sistema copernicano (in alto) e tolemaico (in basso). Nel primo caso il sole è al centro del sistema e gli altri corpi celesti ruotano attorno ad esso. Nel secondo caso la Terra è al centro e gli altri corpi celesti ruotano attorno ad essa.

Negli anni successivi alla stampa dell'opera summa di Copernico, il "De revolutionibus orbium coelestium" del 1543 e prima dell'introduzione del cannocchiale con Galilei, gli astronomi si servivano della costruzione eliocentrica di Copernico per la comodità che portava nel calcolare i periodi dei pianeti. Ben pochi, però, credevano che il moto della Terra fosse una realtà considerandolo solamente un artificio matematico. Fino a circa il 1610 pare che non più di 10 pensatori abbiano accettato la concezione che la Terra si muovesse attorno al Sole. In Italia solamente Giordano Bruno e Galileo Galilei.

Johannes Keplero fu concepito alle 4:37 del 16 Maggio 1571 e nacque alle 14:30 del 27 dicembre, dopo una gravidanza durata 224 giorni, 9 ore e 53 minuti. Queste informazioni sono contenute in un oroscopo che Keplero redasse per se stesso e l'estrema precisione sulle date rivela una mente per la quale l'essenza stessa della realtà viene catturata nel linguaggio dei numeri. Pur considerando, come tutti gli astronomi del suo tempo, l'astrologia poco più di una semplice ciarlataneria, credeva nondimeno che gli eventi celesti influissero su quelli terrestri e non perse mai la speranza che tutto ciò fosse un giorno accertato scientificamente. Per tutta la sua esistenza si dedicò con passione inesauribile alla scoperta della struttura matematica dell'Universo.

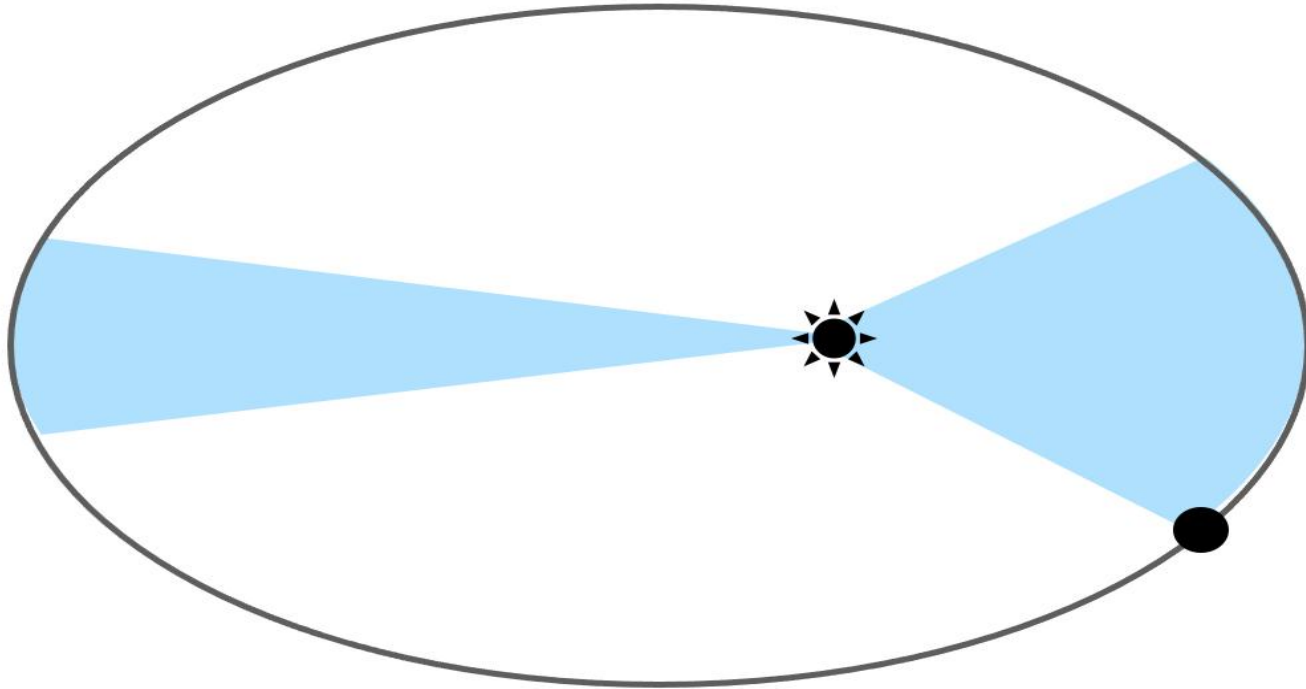
HARMONICES MUNDI IN MUSICA



Essendoci nel sistema copernicano 6 pianeti, Keplero si chiese il significato dell'esistenza di cinque spazi fra loro. La risposta fu una illuminazione: la distanza fra loro è determinata dalla geometria dei cinque solidi regolari! Fu per Keplero non una coincidenza ma una ispirazione divina! Alla base della sua visione dell'Universo c'era dunque una concezione metafisica che si concretizzò nel volume *Mysterium cosmographicum*. Scrive Keplero: "Agli occhi di Dio nel mondo materiale ci sono leggi, numeri e relazioni di particolare eccellenza e dell'ordine più appropriato... Smettiamo quindi di scoprire sulle cose celesti ed incorporee più di quanto Dio ci ha rivelato..."

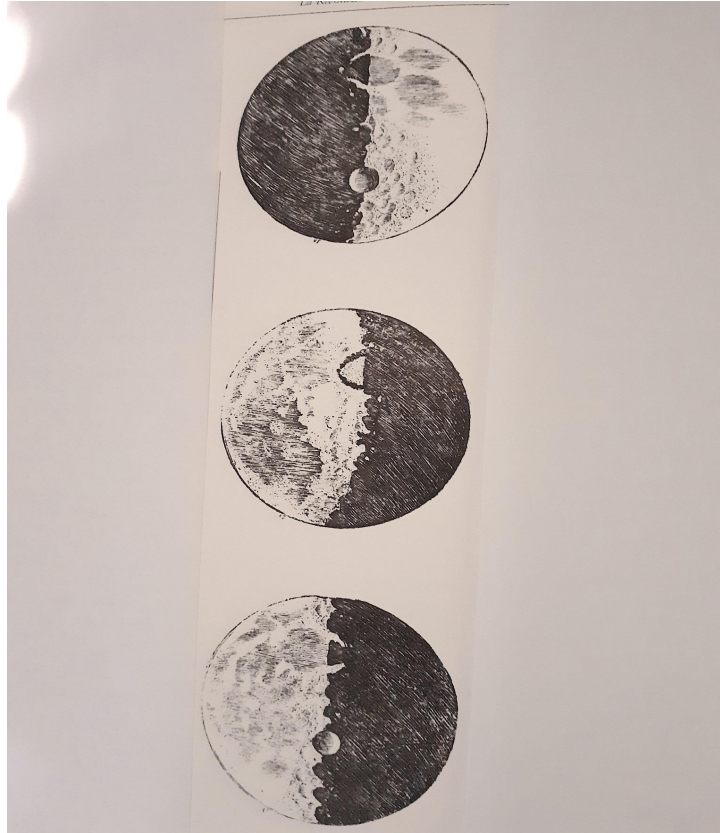
Il nostro entusiasta Keplero non passerà alla storia per queste concezioni quanto invece per aver scardinato, per la prima volta, il moto circolare uniforme dei corpi celesti sostituendolo con le orbite ellittiche! Vi arrivò grazie allo studio dettagliato dei moti del pianeta Marte. Tentò di conciliare le posizioni trovate con gli epicicli copernicani ma il risultato erano ripetute discordanze. L'unica via rimasta fu quella di variare le velocità del pianeta. Grazie a delle triangolazioni scoprì quella che diventerà la seconda legge di Keplero: mentre il pianeta si muove sulla sua orbita ellittica, il raggio vettore che unisce il pianeta al Sole descrive in intervalli di tempo uguali aree uguali.

SCHEMA SULLA SECONDA LEGGE DI KEPLERO



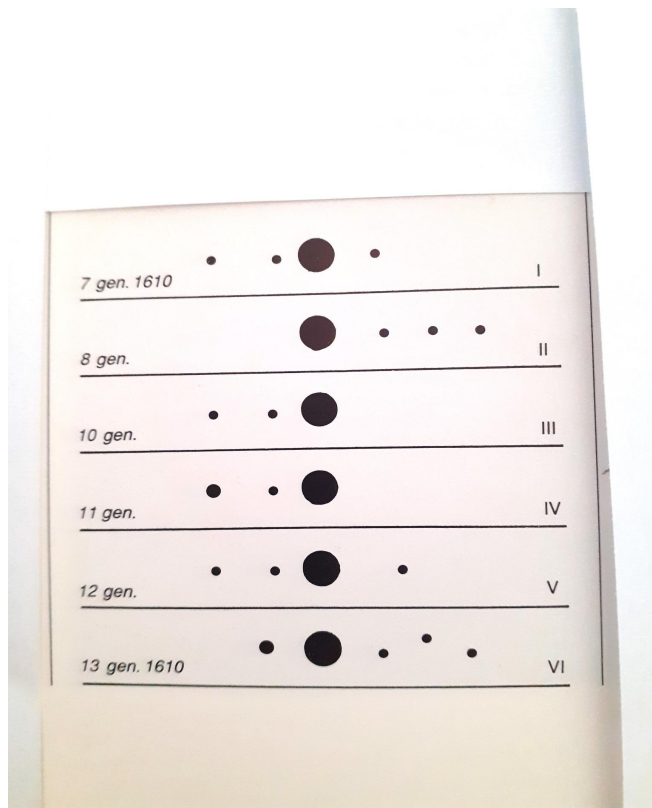
Galileo Galilei nasce a Pisa il 15 febbraio 1564 e muore a Firenze l'8 gennaio 1642. L'opera che ci ha lasciato l'inventore del metodo scientifico sperimentale è immensa. Ci limiteremo alle scoperte astronomiche. Le scoperte di Galilei infersero un colpo fatale alla credibilità del sistema tolemaico ma non soppiantarono del tutto l'alternativa tolemaica nella quale Mercurio e Venere orbitano attorno al Sole che a sua volta ruota attorno alla Terra. Galilei, seppure in tono minore, appartiene alla stessa concezione metafisica del mondo di Keplero. Nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del Mondo*, infatti, osserva: "Dico che quanto alla verità che ci danno cognizione le dimostrazioni matematiche, ella è l'istessa che conosce la sapienza divina". Il grandissimo salto qualitativo in avanti dello scienziato pisano fu quello di guardare direttamente il cosmo grazie alla costruzione, fatta da lui stesso, di un rudimentale cannocchiale. Lo spartiacque fra il vecchio ed il nuovo nella storia della Scienza avvenne nel 1609. Per prima cosa Galilei osservò la Luna e si accorse che la sua superficie era simile a quella della Terra. Pianure, montagne, crateri. Ricordiamo che Aristotele aveva sempre sostenuto che i corpi celesti, dalla Luna in su, erano perfetti ed immutabili. Sempre per primo Galilei scoprì la causa del fenomeno della luce cinerea fino ad allora del tutto sconosciuta.

IL PAESAGGIO LUNARE DI GALILEI DISEGNATO IN SIDEREUS NUNCIUS

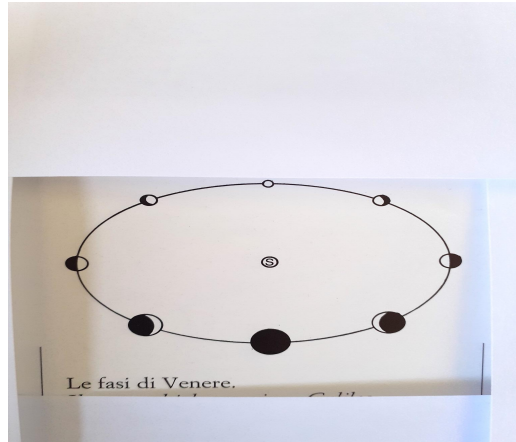


Quando Galilei puntò il cannocchiale verso le costellazioni conosciute riuscì ad osservare 80 nuove stelle vicine alla cintura e alla spada di Orione. Nella Via Lattea riuscì a contare più di cinquecento nuove stelle nell'arco di 1 / 2 gradi! Era uno spettacolo grandioso! Migliorati gli ingrandimenti e la messa a fuoco, la sera del 7 Gennaio 1610 Galilei puntò lo strumento nelle vicinanze di Giove e notò tre stelle molto piccole. Proseguì le osservazioni le notti seguenti fino al 13 Gennaio. Le piccole stelle cambiavano di posizione, talvolta se ne vedevano due, l'ultima sera erano diventate quattro! Dopo un iniziale turbamento prese coscienza di aver fatto una scoperta eccezionale. Per la prima volta un essere umano aveva osservato le lune di Giove che Galilei chiamò astri medicei per ingraziarsi i favori di Cosimo II, il nuovo granduca di Toscana.

LA SEQUENZA DELLE OSSERVAZIONI GALILEIANE SU GIOVE



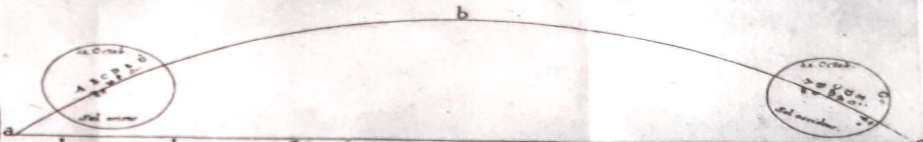
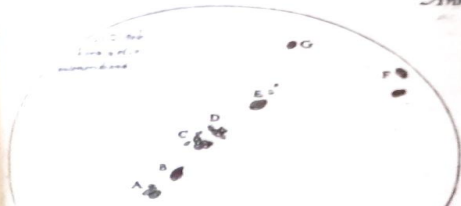
Cynthiae figuras aemulatur mater amorum... è il testo di conferma che Galilei inviò a Keplero il 1 Gennaio 1611!. E' la scoperta delle fasi di Venere che Galilei osservò tramite il suo cannocchiale nell'Ottobre 1610 e che in pratica confermavano la validità del sistema copernicano. All'epoca si obiettava a Copernico che, se la sua costruzione fosse stata vera, Mercurio e Venere avrebbero dovuto presentare le fasi come la Luna. Copernico replicava che questi pianeti presentavano una luce troppo viva per poter risultare visibile la loro falce. Ora era arrivata la conferma sperimentale!



Le osservazioni di Galilei sul sistema solare non potevano essere complete senza un esame del suo corpo centrale, il Sole. Ma dal guardare il Sole col cannocchiale si poteva rimanere accecati! Il problema fu risolto dal discepolo preferito di Galilei, il monaco benedettino Benedetto Castelli grazie alla tecnica, tuttora usata, di proiettare l'immagine del telescopio su un foglio bianco tenuto a distanza opportuna dallo strumento. Attraverso una metodica osservazione di circa due settimane, lo scienziato pisano scoprì che le macchie solari non erano satelliti che passavano davanti al Sole ma modificazioni della superficie del Sole. Questi mutamenti della natura del Sole mostravano che l'astro ruotava su se stesso con un periodo di circa un mese! La tesi era del tutto inconciliabile con la concezione tradizionale della perfezione dei corpi celesti sopra la Luna!

LE MACCHIE SOLARI OSSERVATE DA GALILEI

MACVLAE IN SOLE APPARENTES, OBSERVATAE Anno 1611. ad latitudinem grad. 48. min. 40



a c, horizon a b c, arcus solis diurnus. Soloriens ex parte a, maculas exhibet quas vides, occidens verò c, eadem ratione primi motus, nonnihil trauerit. Et hanc matutnam Vespernamq; mutationem, omnes maculae quotidie subeunt. Quod semel exhibuisse et monuisse, sufficit.

Macula M. est ad 7 Non. 1611. maxima, nulliq; primo magnitudinis sideris fixo cedit.

Macula I. fuit valde conspicua, propter notabilem praesentiam magnitudinem 10. Oct. 1611. Figuraque habet comam, sicut X. et T. O. littera. 17. Nov.



Nella prima metà del XXVII secolo avvenne dunque quel grandissimo cambiamento che porterà al primato della ragione sull'immaginazione non solo nello studio dell'Astronomia e dei fenomeni naturali ma, piano piano, in tutti i settori del sapere umano. Il passaggio fu lento e doloroso visto che la concretezza della sperimentazione andava a demolire le certezze calcificate nei millenni. Non ci deve dunque stupire che l'autorità religiosa di Roma tolse dall'indice le opere che riportavano la visione copernicana del mondo solamente nel 1832 oppure che abbia chiesto scusa a Galilei ben 400 anni dopo che fu accusato di eresia. Galilei stesso non riuscì a superare la visione metafisica dei fenomeni, il motore del cosmo era Dio! Solo successivamente Newton scoprirà il fenomeno naturale della attrazione fra i corpi celesti e per primo ci mostrerà la legge della gravitazione universale.

L'ASTRONOMIA OGGI

A partire dalla rivoluzione astronomica del XVII secolo le conoscenze accumulate sono state immense. Termini come buchi neri, big-bang, galassie, quasar, stelle di neutroni, supernovae, ecc. sono diventati quasi familiari per il fatto che spesso li sentiamo nei programmi di divulgazione. La tecnica purtroppo ha preso il sopravvento e l'aspetto competitivo oramai sostituisce molto spesso quello contemplativo.

L'Astronomia odierna è dedicata principalmente alla ricerca mediante strumentazioni sempre più potenti e sofisticate. Gli appassionati spesso fanno parte di associazioni di astrofili e possono essi stessi fare ricerca e pubblicare i risultati nei giornali del settore.

E' oramai tramontata la figura dell'astronomo che osserva il cielo in modo diretto. Tutto è diventato digitale per cui si guarda solamente in uno schermo ed il telescopio si può trovare anche a notevole distanza. Il vantaggio è la comodità ma l'immagine è solo una ricostruzione dell'immagine reale! Vi elenco i campi di ricerca dell'UAI (Unione Astrofili Italiani) che poi sono quelli svolti a livello internazionale:

Sole ed eliosfera, Luna, Pianeti, Asteroidi, Comete, Meteore, Stelle variabili, Pianeti extrasolari, Radioastronomia, profondo cielo. A livello mediatico grande rumore hanno fatto la ricerca del pianeta gemello della Terra, i buchi neri, o la fotografia dell'Universo nei suoi primi istanti della nascita. Sono quelle notizie che tendono a fare audience più che a informare in modo corretto l'ascoltatore!

Concludiamo questi concetti con le parole del padre del romanticismo francese, Victor Hugo (1802-1885), che aveva un grande interesse per l'Astronomia. Leggiamo questo suo pensiero:

"Un punto microscopico brilla, poi un altro, poi un altro: è l'impercettibile, è l'enorme.

Questo lumicino è un focolare, una Stella, un Sole, un Universo; ma questo Universo è niente. Ogni numero è zero di fronte all'infinito. L'inaccessibile unito all'impenetrabile, l'impenetrabile unito all'inesplicabile, l'inesplicabile unito all'incommensurabile: questo è il Cielo.."