



**Saggio su**

**“Genesis, nascita e sviluppo del pensiero scientifico moderno”**

**di Umberto Lorenzini**

- Sezione 1: Premessa
- Sezione 2: Scienza e tecnica nella Grecia e Roma Antiche e Medioevo
- Sezione 3: La Rivoluzione del '600 e la nascita del pensiero scientifico moderno
- Sezione 4: Scienza Vs Tecnica e Tecnologia: uno straordinario, eccezionale e continuo feedback.

**Premessa**

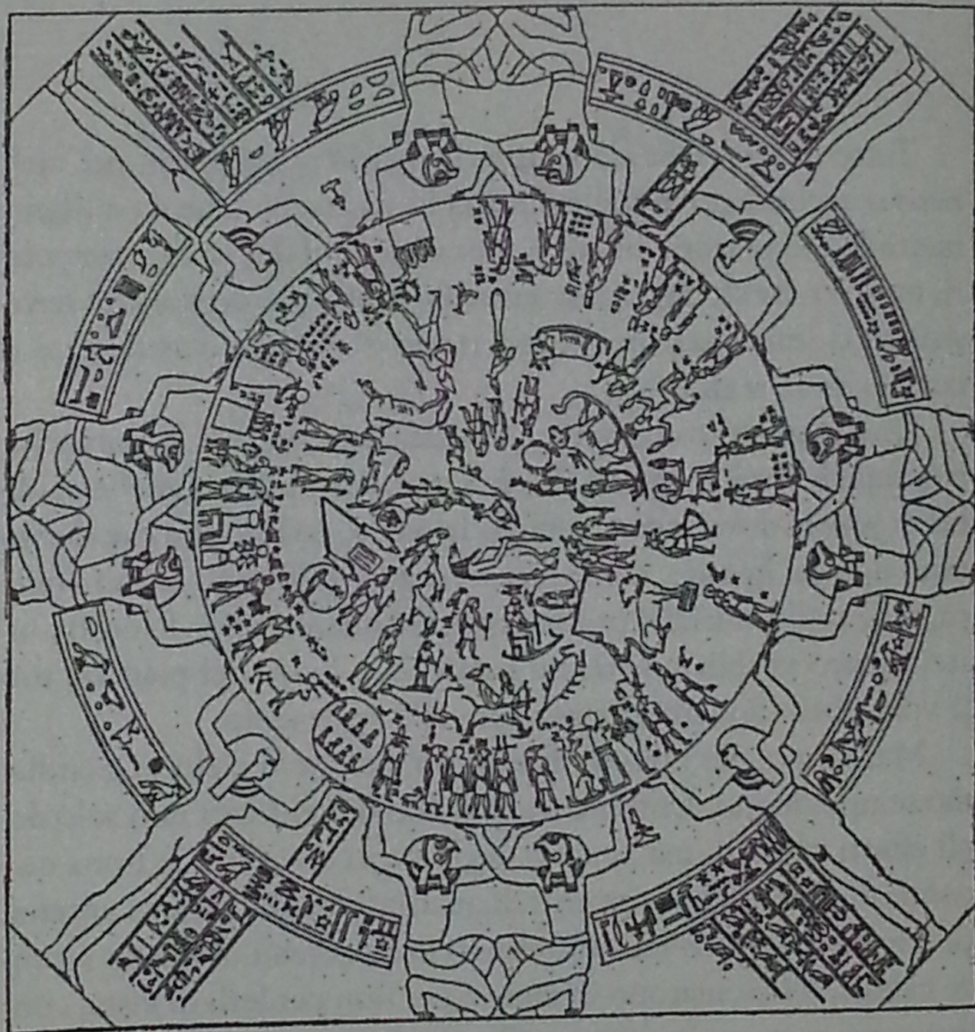
Nell'avventura dell'uomo, avventura che data – se vi si comprende la fase di *speciazione* – da circa 3,5 milioni di anni fa (partendo da *australopithecus afarensis*, la famosa Lucy: così denominato nel 1964 da Louis Leakey sulla base di reperti fossili ritrovati precedentemente ad Olduvai – nella valle di Afar – in Tanzania; attraverso *homo habilis* di 1,8 milioni di anni fa, la prima specie appartenente al genere *homo*, continuando con *homo erectus*, fino ad *homo sapiens* attuale apparso sempre in Africa orientale 350.000 ÷ 300.000 anni fa



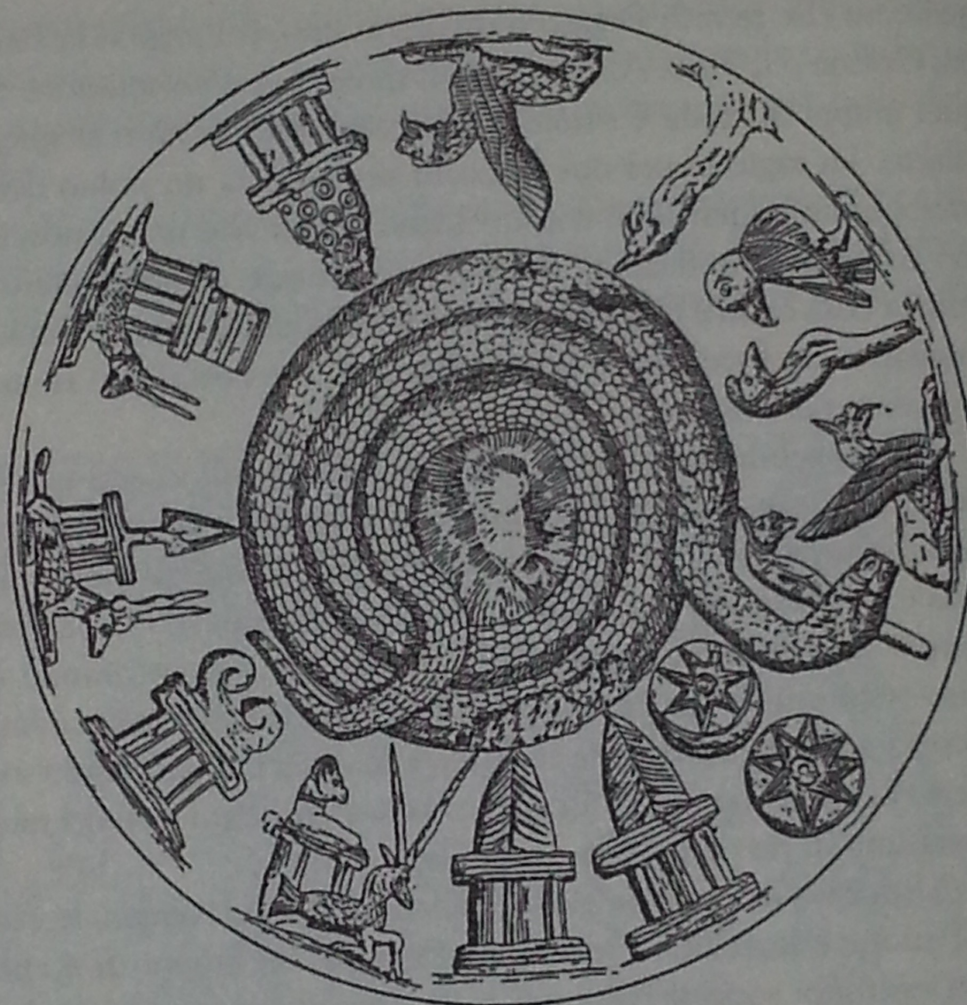
– attualmente la sola specie appartenente al genere *homo*; ma fino a circa 35.000 ÷ 30.000 anni fa ha convissuto con l'altra specie del genere *homo*: *homo neanderthalensis*, che si è estinto intorno a quella data. Fra l'altro questa specie aveva una costituzione più robusta, anche se più primitiva, e una maggior capacità cranica. Reperti archeologici, da quello di Neandertal in Germania e specie in Portogallo, hanno permesso di appurare a paleontologici e genetisti che il nostro patrimonio genetico è un misto di quello delle due specie), niente c'è di più grande e straordinario della storia di Roma.

**Figura 1: Il Paleontologo Yves Coppens mostra un'amigdala, un utensile di pietra scheggiata fabbricato dall'uomo mezzo milione di anni fa (Foto di Pino Guidolotti)**

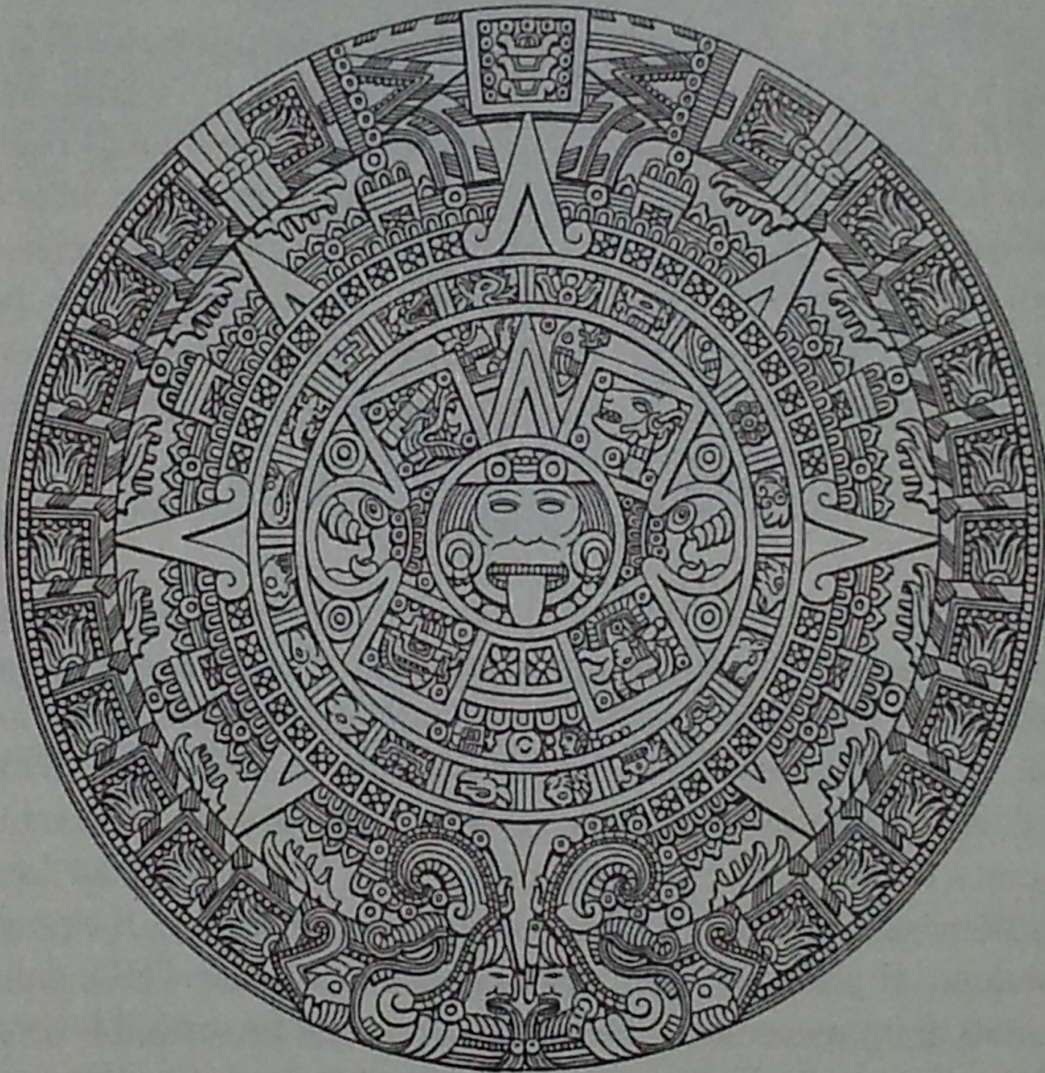
Neppure di oltre 3 millenni dell'affascinante civiltà egizia; né la gloria militare (si ricordino le sue vittorie contro i Persiani invasori), né la luce della civiltà che la Grecia ha saputo creare (senza ovviamente prescindere dal contributo delle civiltà mesopotamiche a questo eccezionale sviluppo).



**Figura 1.** Le costellazioni degli Egizi raffigurate su un soffitto del tempio della dea Hathor a Dendera (Alto Egitto). L'opera, nota come *Zodiaco* e datata tra l'80 a.C. e il 68 della nostra era, si trova ora al Museo del Louvre a Parigi.



**Figura 2.** Divinità e segni astrali scolpiti su una pietra di confine (*kudurru*) rinvenuta a Susa (Iran). Al centro si vede l'Idra circondata da simboli di Sole, Luna, Venere, Pesce-Capra, Ariete e di alcune divinità (XIII-XII secolo a.C.).



**Figura 3.** La grande pietra sacrificale nota come «Calendario azteco» o «Pietra del Sole» ha un diametro di m 3,54. Al centro c'è il Quinto Sole (4 Movimento); intorno sono raffigurati i nomi dei quattro Soli precedenti e i giorni del calendario.

XIV



**Figura 2: La famiglia del faraone monoteista Amenhotep IV sotto i raggi del sole:  
rilievo del XIV secolo a.C. Berlino, Staatliche Museen; Amenotep IV e la consorte, sua cugina,  
Nefertiti. Con la sua rivoluzione monoteista – unico Dio Aton – Amenotep cambio il suo nome in  
Akhenaton “Gradito ad Aton”**

Roma è stata l'erede naturale della Grecia e con la forza delle sue armi praticamente invincibili (molti storici si sono chiesti cosa sarebbe accaduto – fra questi Tito Livio – se dopo la battaglia di Canne del 216 a.C. Annibale si fosse diretto contro la città di Roma: risposta di Livio in linea con l'audacia, la tenacia, la fierezza e lo spirito romani: in Roma ci sarebbero stati altri generali non meno valorosi di Lucio Emilio Paolo e di Terenzio Varrone! Domanda più o meno analoga a quella *se Napoleone avesse vinto a Waterloo*) ha conquistato praticamente tutto il mondo conosciuto, in nemmeno tre secoli (senza considerare il periodo dedicato alla conquista del Lazio e dell'Italia).

E non si è limitata alla conquista, ma ha plasmato con le sue leggi ed il suo diritto, dandole anche una lingua comune (il latino) la nascita dell'Europa, prodromo dell'Europa moderna (si veda Ernst Robert Curtius “Letteratura e medioevo latino”).

Come bellissimo esempio di omaggio a Roma non posso fare a meno di citare l'incipit di *Roma* del nobile gallo-romano Rutilio Namaziano (*nel De reditu suo*), il quale, forse presago del tragico destino finale della città tanto amata ed ammirata (il viaggio avviene nell'anno 415 o 417; quindi pochi anni dopo del sacco di Roma ad opera del goto Alarico nel 410):



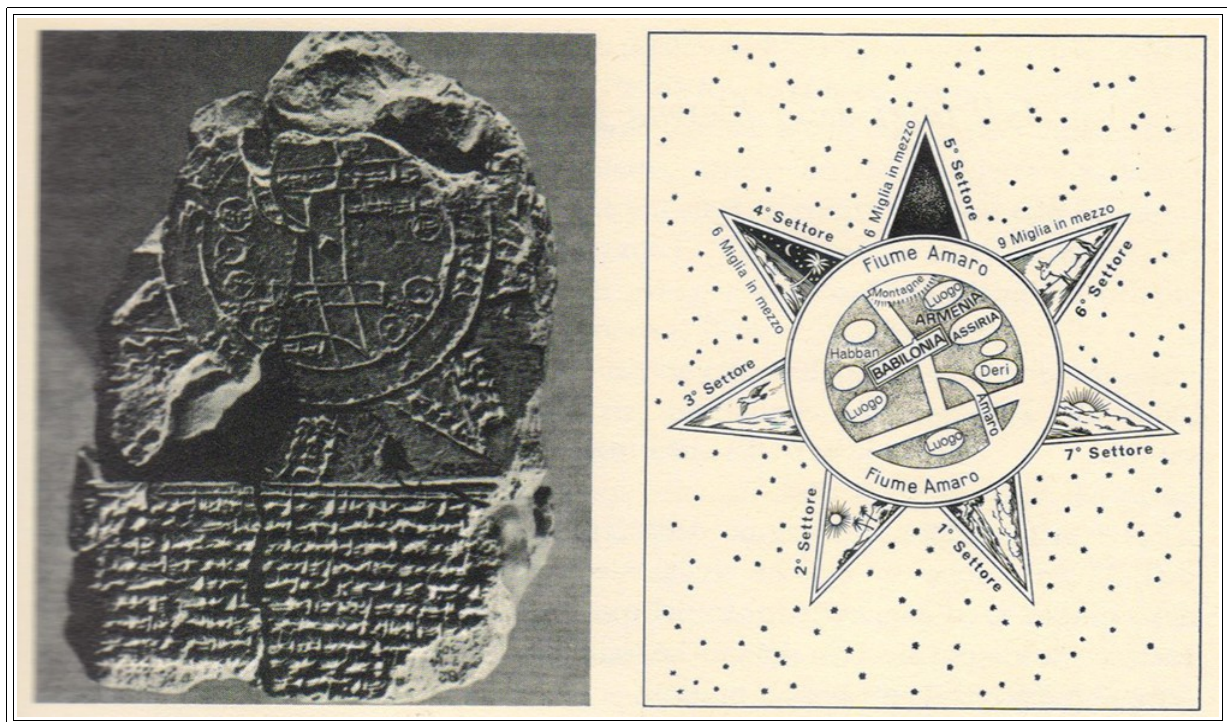
## Commissione Cultura

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA

*Prestami ascolto, bellissima regina del mondo / interamente tuo, / accolta fra le celesti, Roma, volte stellate./ Prestami ascolto, tu madre degli uomini, madre degli dèi: /grazie ai tuoi templi non siamo lontani dal cielo./ Te cantiamo e canteremo, sempre, finché lo concedano i fati./ Nessuno può essere in vita e dimentico di te./*

Può sembrare strano questo preambolo, ma c'è un'altra storia non meno straordinaria ed affascinante: è la storia dello sviluppo – nato con homo sapiens – della scienza e della tecnica ( filosoficamente più conciso, pensiero scientifico).

Non è facile abbracciare una linea di pensiero, date le diverse interpretazioni fornite da storici e filosofi della scienza: si parla di continuità, di continuità pur con a volte involuzioni e passi indietro, di improvvise e non previste *rivoluzioni*; qualcuno – ma nel complesso molto pochi – addirittura vede la scienza come eresia (Alan Cromer Prof. di Fisica alla Northeastern University: In *L'eresia della scienza*. Personalmente penso che gli *scienziati* siano ben preparati, specie quelli che come ulteriore specializzazione hanno un master in storia della scienza e del pensiero scientifico, e che siano più precisi e con un linguaggio più appropriato per questo compito specifico).



**Figura 3: Il cosmo secondo gli astronomi babilonesi rappresentato in una tavoletta di argilla della prima metà del I millennio a.C. (Londra, British Museum).**



In una sezione prossima – credo sia utile anche se non indispensabile – prenderò spunto da *I due problemi fondamentali della teoria della conoscenza* del filosofo ed epistemologo inglese Karl R. Popper.

Personalmente vedo lo sviluppo della scienza come continuità (anche se non certo come linea retta; nel XX secolo si parla addirittura di sviluppo esponenziale) secondo quello che può essere definito del metodo *trial and error* : dai fenomeni si estrae per induzione una teoria che li spieghi, eventualmente prevedendo nuovi fenomeni; e si verificano questi fatti con esperimenti soggetti a controllo e misurazione (qui interviene la tecnica e la tecnologia con un feedback virtuoso eccezionale).

Quindi la scienza (ed il relativo pensiero scientifico) cresce per continuo accumulo ed oggi, come già detto, in modo che è più precisamente rappresentato da una curva esponenziale. Il mio punto di vista è confortato dalle parole del grande Isaac Newton: *se ho visto così lontano è perché stavo sulle spalle di giganti*.

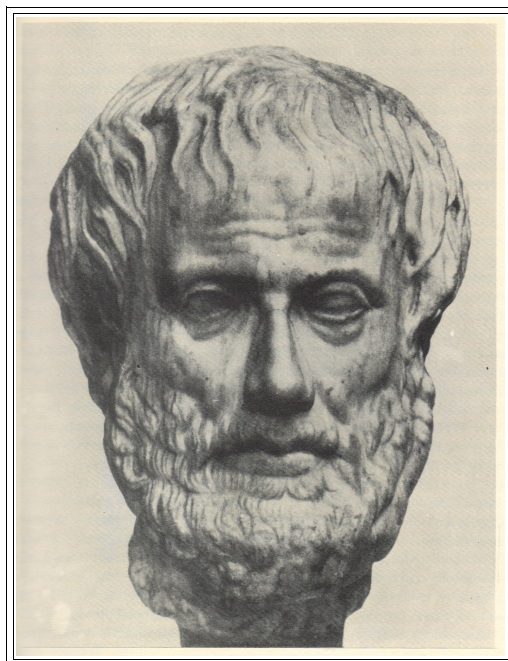
Ma non è sempre stato così: nella Grecia antica i fenomeni ed i fatti venivano *dedotti* da ipotesi o teorie (si potrebbe dire postulati o assiomi come per la geometria), senza minimamente, tranne casi particolari come nella medicina e nella botanica per citare qualche disciplina, sottoporli a verifica sperimentale ( si prenda come esempio l'affermazione di Aristotele che *corpi più pesanti cadono più velocemente*; oppure il fatto che i corpi celesti, essendo immutabile ed incorruttibili devono muoversi su orbite circolari perché il cerchio è una curva perfetta). Su quest'ultimo punto già la scuola di Platone – *L'Accademia* – si era resa conto che il movimento dei pianeti conosciuti (cinque all'epoca, dato che la Terra non era considerata) non erano conformi al moto circolare; e Platone stesso chiedeva di trovare la soluzione per *salvare i fenomeni*.

Senza dimenticare Eudosso (408÷355 a.C., ingegno enciclopedico: matematico, astronomo, geografo; oltre che occuparsi di musica, morale, medicina e legislazione), il quale nella sua concezione geometrica (all'epoca non poteva che essere così, dato che non erano noti i principi di carattere dinamico) introdusse – invece di parlare di anelli celesti come i predecessori – un *ingegnoso* sistema: immaginando i vari astri come fissi sopra superfici sferiche ideali e trasparenti che ruotano uniformemente intorno a due poli. Sole, luna e tutti i pianeti conosciuti – all'epoca cinque – devono avere la propria sfera indipendente; l'ultima sfera è quella delle stelle fisse. Tutte le sfere devono essere concentriche tra loro e con la Terra che è il centro dell'universo! Non dimenticando Aristarco di Samo (originario della stessa isola di Pitagora; circa 310 ÷ circa 240 a.C.), che fu il primo a formulare una ipotesi eliocentrica e che studiò il problema delle dimensioni del sole (si può ricordare



che Anassagora – circa 496÷428 a.C. – considerava il sole come una roccia incandescente grande circa come il Peloponneso!) e della luna e delle loro distanze dalla Terra. La teoria eliocentrica fu nota al grande Archimede che tuttavia non ne comprese il valore (secondo lo storico della matematica Carl B. Boyer, e personalmente concordo con lui, Archimede insieme a Isaac Newton e Carl Friedrich Gauss, è fra i tre più grandi matematici della storia).

Ipparco di Nicea (circa 185÷circa 125 a.C.) viene in genere considerato il più grande astronomo dell'antichità, anche se fu assertore e seguace dell'ipotesi geocentrica. Compilò (usando un apparecchio ottico appositamente inventato) un catalogo delle stelle fisse – circa 850 – fornendo per ciascuna di esse la latitudine, la longitudine e lo splendore apparente (in una scala, divenuta classica, divisa in sei gradi. Lo splendore apparente, quale esso ci appare, viene misurato dalla grandezza visuale – ovviamente per le stelle visibili ad occhio nudo e va da I a V. per le altre non visibili ad occhio nudo si parla di stelle semilucide; fino alle XV: questo per le stelle telescopiche). Lo splendore apparente è più comunemente detto *luminosità apparente* o *magnitudine*.



**Figura 4: Aristotele, opera attribuita a Lisippo Vienna, Kunsthistorisches Museum.**

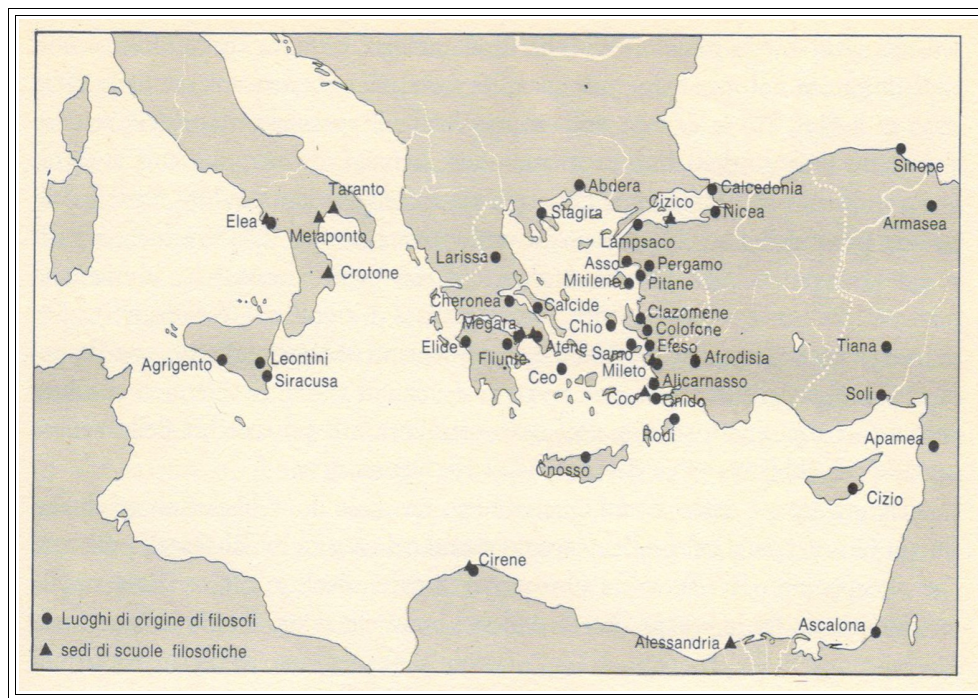
La magnitudine  $m$  di una stella dipende ovviamente dalla sua luminosità assoluta e dalla sua distanza  $d$  se  $d$  è misurato in parsec [il parsec (pc) è la distanza alla quale un'un'unità astronomica – il raggio dell'orbita terrestre – è vista sotto l'angolo di un 1 secondo d'arco.  $1 \text{ parsec} = 3,26 \text{ anni-luce} = 206.000 \text{ unità}$





astronomiche. Ho arrotondato il valore di U.A. A 150 milioni di chilometri (media approssimata dei raggi dell'orbita al perielio e all'afelio) non avendo sottomano il valore ufficiale che avevo nel libro – anche se datato – moderna astronomia di Peter van de Camp. I coefficienti esatti che moltiplicano  $10^{13}$  sono rispettivamente 3,08 e 2,987.

Vale la relazione  $M - m - 5 = -5 \log d$



**Figura 5: Luoghi d'origine di filosofi e sedi di scuole filosofiche e scientifiche nel mondo**

Fatto sorprendente (con le sue esatte osservazioni sulle stelle fisse) scoprì il fenomeno della precessione degli equinozi.

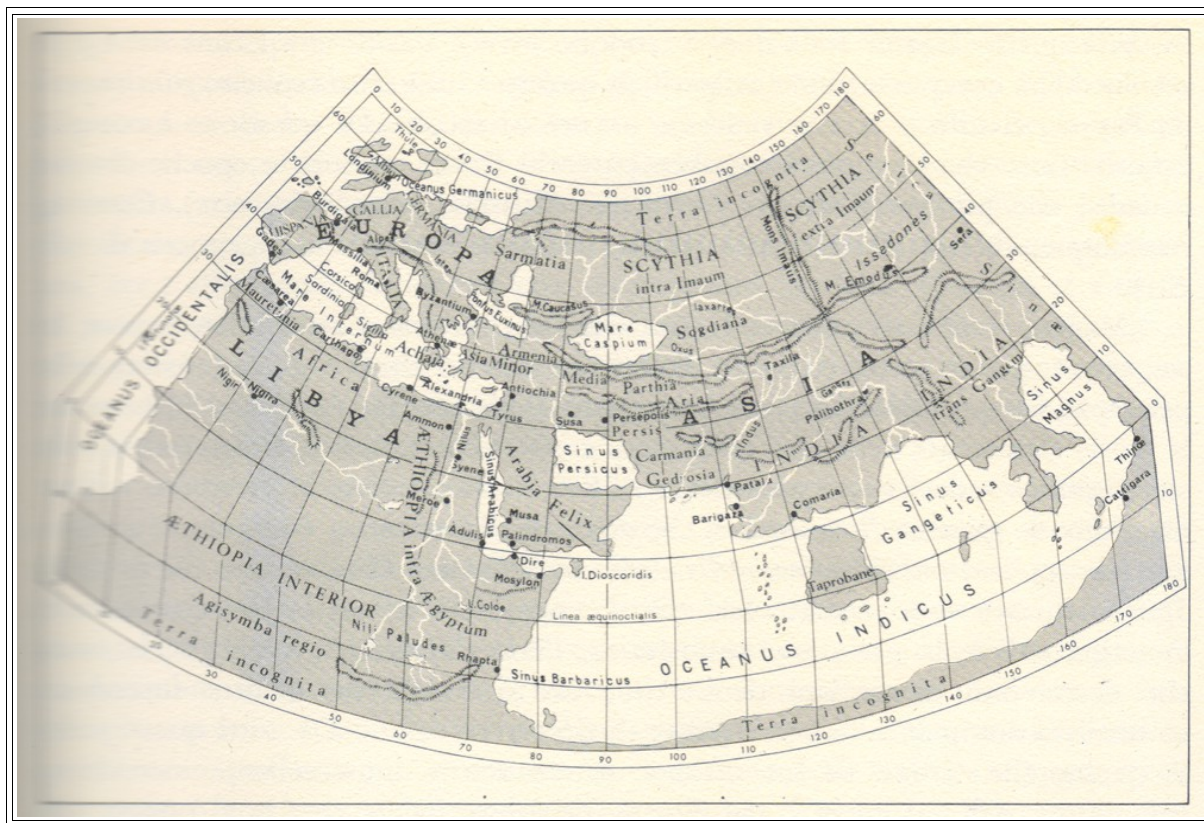
Infine Ipparco confuta la teoria delle sfere di Eudosso (che non spiega affatto le variazioni della distanza di singoli pianeti e la Terra) ed immagina i pianeti come ruotanti intorno ad un corpo che sia esso stesso in rotazione. Afferma in definitiva che tanto i pianeti, quanto il sole e la luna, si muovono lungo cerchi – di raggio minore – ruotanti lungo un'orbita circolare – di raggio molto maggiore – situata intorno alla Terra (ma il suo centro non coincide con quello della Terra): il cerchio minore è chiamato *epiciclo*, quello maggiore *deferente* (anticipazione di Tolomeo!).



Claudio Tolomeo (forse nativo di Alessandria, vissuto ad Alessandria nella prima metà di II secolo dopo Cristo), astronomo, fisico (soprattutto ottica ed acustica), geografo, nella sua classica *Mathematikè syntaxis* – più nota come *Almagesto* (corruzione araba dal greco *la più grande*), riprendendo e ampliando le teorie di Ipparco – e anche correggendole – fornisce una completa teoria del movimento della luna e dei pianeti (sempre in una visione geocentrica): facendo sempre riferimento a epicicli, deferente, punto equante etc.. In definitiva riesce a costruire una teoria dell'universo *coerente e sistematica*, basata su ipotesi che gli sembrano plausibili in quanto risultano in sostanziale accordo con i dati delle osservazioni. Per queste osservazioni, non potendo conoscere le moderne funzioni trigonometriche (di successiva derivazione Indo-araba), si servì del calcolo delle corde, fondato sulle proprietà delle corde di un cerchio considerate in funzione dell'arco sotteso. Divide il diametro del suo cerchio *trigonometrico* in 120 parti; ciascuna di queste suddivise in 60 minuti e ciascun minuto di lunghezza in 60 secondi. Se si indica con  $x$  metà dell'arco di cerchio considerato si avrebbero le traduzioni nel linguaggio tolemaico delle corde nelle identità trigonometriche attuali:

$$\sin x = \frac{\text{corda } 2x}{120} \qquad \cos x = \frac{\text{corda } (180^\circ - 2x)}{120}$$

Con il suo sistema la vecchia richiesta di Platone di *salvare i fenomeni* era soddisfatta. Come disse George Bernard Shaw durante la famosa cena, a cui era presente anche Albert Einstein – tenuta il 28 ottobre 1930 (anno del IV congresso Solvay): *Tolomeo fece un universo che è durato 1.400 anni* [sino cioè all'apparizione del *De revolutionibus orbium celestium* di Copernico, completato nel 1539 e stampato pochi anni dopo per merito del suo discepolo Retico nel 1543 che è anche l'anno (si dice che gli sia stata comunicata la pubblicazione sul letto di morte) della morte di Copernico; proseguite come le successive opere di Tycho Brahe, Keplero e Galileo]. *Anche Newton fece un universo, che è durato 300 anni* (in realtà abbastanza meno dato che la pubblicazione dell'opera *Pilosophiae naturalis principia mathematica* – il più ammirato trattato scientifico di tutti i tempi – è del 1687; anche se in effetti erano pronti diverso tempo prima).



**Figura 6: il mondo secondo Tolomeo in una ricostruzione di J. Warrington.**

Termina con *Einstein ha fatto un universo, e non so dirvi quanto durerà* (da Folsing: *Albert Einstein. A biography*).

L'ultimo punto si riferisce evidentemente alla teoria della Relatività ristretta (o speciale) formulata da Einstein nel 1905; ed alla teoria della gravitazione in cui la forza gravitazionale è spiegata come distorsione dello spazio-tempo (una specie di aforisma, se non vado errato dello stesso Einstein recita: *la materia dice allo spazio come incurvarsi e lo spazio dice alla materia come muoversi*. Questo non vuol dire che la materia dice a se stessa come muoversi! In effetti si deve pensare a due diverse separate *materie*: ad esempio il sole e un pianeta).

Tornando alla tesi centrale (la crescita per accumulo di teorie ed ipotesi e di sperimentazione sui fenomeni fisici, della scienza e del pensiero scientifico), vorrei mostrare (anche se in questo caso la sperimentazione, anche se non del tutto assente in alcuni ambiti, è particolarmente carente), cioè come teorie e ipotesi della *filosofia naturale* della Grecia abbiamo trovato un *riscontro* nella scienza moderna. Qui mi limito ad un primo esempio, rimandando alla seconda sezione per i successivi. Pitagora (nato a Samo intorno al 571 a.C. e trasferitosi – a circa quaranta anni – a Crotona in Calabria all'epoca facente parte della Magna Grecia; dove fondò una scuola che ebbe notevole sviluppo e dove, fatto notevole e straordinario, erano ammesse anche le



donne) famoso per la sua dottrina (a lui si riferisce il noto e famoso “ipse dixit”) il cui pensiero fondamentale era che i numeri sono il principio di tutte le cose: tutte le cose che si conoscono hanno numero; senza questo nulla sarebbe possibile pensare, né conoscere”. Come dice il filosofo Ludovico Geymonat (*storia del pensiero filosofico e scientifico*), l'idea di cercare nei numeri, cioè nella matematica, la spiegazione di tutti i fenomeni, ricompare potenziata in epoca moderna in tutta la ricerca scientifica (con l'eccezione, dico io, che conferma la regola di Francesco Bacone). C'è anche chi sostiene che le più celebri teorie della fisica-matematica moderna – per es. la teoria della relatività generale – non costituirebbero altro che il proseguimento del programma pitagorico. Personalmente invece io faccio riferimento alla moderna fisica atomica. Gli elementi chimici naturali sono 92 ( se si considerano quelli artificiali o transuranici si arriva a 118) e sono costituiti fondamentalmente da tre soli tipi di particelle – e di spazio vuoto - : protoni, neutroni ed elettroni. Protoni e neutroni sono addensati nel nucleo di dimensioni  $10^{-13}$  cm, e tenuti insieme dalla forza nucleare forte; intorno al nucleo c'è la nube di elettroni, in numero uguale a quello dei protoni (l'atomo non eccitato è elettricamente neutro: la carica totale positiva del nucleo è bilanciata dalla carica totale negativa degli elettroni. Essi sono tenuti legati al nucleo dalla forza elettromagnetica; la carica elettrica elementare positiva o negativa vale  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C [Coulomb]. Le dimensioni globali dell'atomo variano da meno di 1 Å (Angstrom;  $1 \text{Å} = 10^{-8}$  cm): per esempio  $\sim 0,78 \text{Å}$  per il più semplice atomo quello di idrogeno fino a numeri più elevati via via che si sale con il numero atomico (questo numero è dato dal numero dei protoni).

Quindi lo spazio all'interno è quasi tutto spazio vuoto ( il vuoto più elevato è all'interno dell'atomo!).

Le masse del neutrone e del protone – praticamente quasi uguali – sono circa 2.000 volte quelle dell'elettrone: più precisamente 1847 volte.

Elementi che hanno lo stesso numero atomico, cioè lo stesso numero di protoni ma diverso numero di neutroni sono detti isotopi (perché occupano lo stesso posto – ysos topos – nella tavola periodica di Mendeleev; e sono indistinguibili chimicamente (possono essere rilevati allo spettrografo di massa). In definitiva le proprietà di ogni singolo elemento – proprietà chimiche, fisiche, etc. sono legate al *numero*!

Questo vale anche per gli elementi che occupano la stessa colonna della tavola periodica – come per es. gli elementi alcalini – che manifestano proprietà simili, ma ovviamente non identiche: il sodio non è uguale al potassio, e tanto meno al rubidio o al cesio!

Per confronto si considerano i quattro elementi dell'agrigentino Empedocle (492 ÷ 430 circa a.C.) fuoco, aria, acqua, terra con cui sarebbero costituiti tutti i diversi corpi. Ci sono voluti più di 2000 anni per scoprire che aria e acqua non sono elementi, ma composti; e che il fuoco è una *semplice* reazione chimica fra un combustibile e un comburente.



In ultimo un confronto – antico e moderno – fra le concezioni dell'uomo e del suo posto nella natura e nel mondo. Protagora (Abdera in Tracia 486/85 ÷ 411 a.C. - perito in un naufragio mentre stava lasciando Atene perché accusato di empietà): *l'uomo è misura di tutte le cose; di quelle che sono in quanto sono, di quelle che non sono in quanto non sono.* Papa Paolo VI : *l'uomo come collaboratore e continuatore della creazione di Dio.* Può sembrare una affermazione teologico-metafisica; ma nel sostantivo *continuatore* ci vedo un che di altamente filosofico e anche un che di scientifico.

Vale la pena di terminare questa prima sezione con un altro celebre aforisma di Albert Einstein; con i conseguenti commenti:

***la cosa più incomprensibile dell'universo è che sia comprensibile.***

L'aforisma può sembrare strano, espresso da uno dei più grandi fisici e scienziati della storia [in genere si pensa alle teorie della relatività, *ristretta* o *speciale* e *generale*; (questa teoria avrebbe definitivamente eliminato dalla fisica lo spazio e il tempo assoluti di Newton come contenitore dell'universo. Ma questo agli atti pratici, non è proprio vero gli effetti relativistici intervengono a velocità che sono una frazione apprezzabile della velocità della luce. Fra l'altro esiste un esperimento – ovviamente mentale – che contraddirebbe tale teoria: l'incontro di due astronavi, in cui un equipaggio conclude che c'è l'impatto, mentre l'altro conclude che non c'è l'impatto] ma Einstein ha dato contributi significativi in vari altri settori: come per esempio la spiegazione teorica dell'effetto fotoelettrico, del moto browniano – che Einstein ha utilizzato come ulteriore prova della realtà degli atomi. Fino alle sue incursioni nella tecnica e tecnologia, come per esempio l'idea – se ricordo bene di un tipo di frigorifero ad assorbimento), ma dato che a suo modo era anche filosofo si può concederglielo. In questo senso metafisico, non è in contrasto con una sua altra celebre frase “Dio non gioca a dadi” (contenuta – ancora se ben ricordo – in una sua critica alla *meccanica quantistica*). Platone stesso diceva che Dio – il suo termine è *demiurgo* – l'artefice dell'universo *geometrizza sempre*. La Bibbia dice che Dio ha creato il mondo dal nulla (può sembrare più che paradossale per la nostra mente: non sempre ci basta la sua potenza infinita. Però ci viene in aiuto (!) un fisico o un cosmologo (non ricordo il nome, ma penso statunitense) per il quale la nascita dell'universo è dovuta ad una *fluttuazione quantistica del nulla*. Dato che mi sono permesso di entrare in questo *ginepraio filosofico*, voglio ancora citare un articolo (dalla rivista statunitense Nuclear Physics “Why exists something rather than nothing” l'autore ha forse risolto – magari fisicamente se non proprio filosoficamente – il massimo problema, meglio mistero, di tutta la storia del pensiero filosofico e scientifico. A tutti gli ex colleghi *l'ardua sentenza*.



## ***Commissione Cultura***

**ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA**

Saggio scritto da Umberto Lorenzini. Il quale ringrazia sentitamente Massimiliano Piliero per lo specifico contributo anche di competenza: che ha trasformato il manoscritto in file e ha introdotto nel testo le immagini da me pensate (quella di Amenothep IV è stata scelta da Massimiliano), che dovrebbero rendere la lettura più piacevole.

L'autore e l'estensore del file sono disponibili per eventuali suggerimenti e/o modifiche al testo da parte dei colleghi.