

Storia del pensiero scientifico (fino a Darwin)

Michele Crudele

Agosto 2015

Astronomia antica

Osservazione del cielo

- 14.000 a.C. Pleiadi a Lascaux



Orientamento dei monumenti

- 3.000 a.C. Hagar Qim
- 2.500 a.C. Stonehenge
- 2.000 a.C. menhir
- 2.000 a.C. piramidi
- 1.000 a.C. dolmen



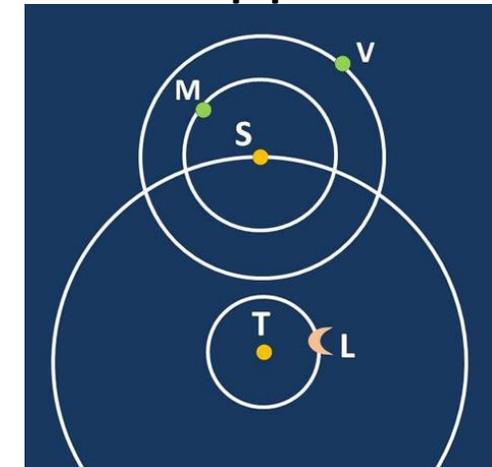
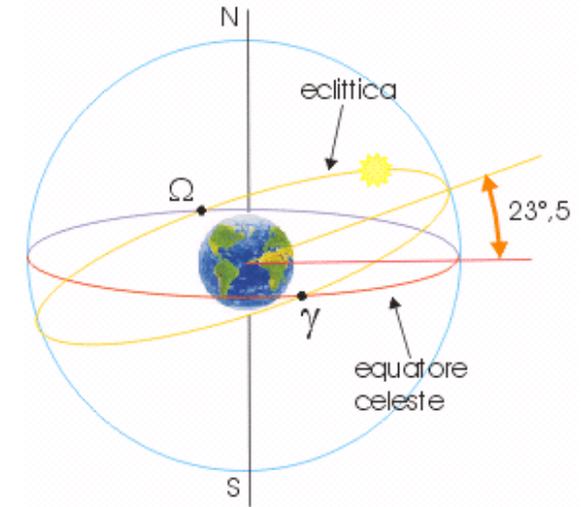
Calendari

- 2.500 a.C. Babilonesi: astrologia
- 500 a.C. Maya: molto preciso
- 500 a.C. Cina: primo catalogo stellare; tradizione di almanacchi



Astronomia greca

- 700 a.C. Esiodo: Le opere i giorni, lavori agricoli connessi ad astronomia
- 600 a.C. Talete: terra sferica
- 500 a.C. Parmenide: terra sferica al centro dell'universo
- 450 a.C. Enopide di Chio: gnomone per scoprire obliquità dell'eclittica, per spiegare le stagioni
- 400 a.C. Filolao di Crotone: Terra non al centro, con Antiterra
- 380 a.C. Eudosso: 27 sfere omocentriche aumentate da Callippo e Aristotele, anno di 365 giorni e 6 ore
- 350 a.C. Eraclide: terra ruota in 24 ore; Mercurio e Venere satelliti del Sole



Scienza greca VI-V secolo a.C.

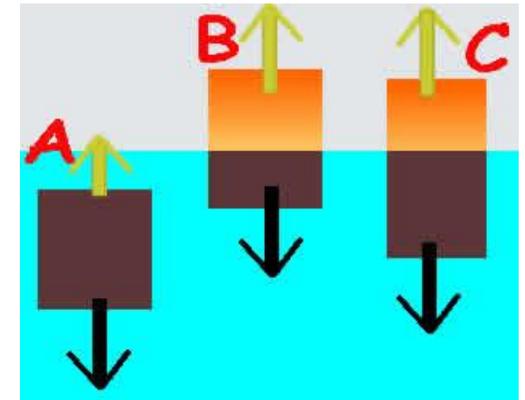
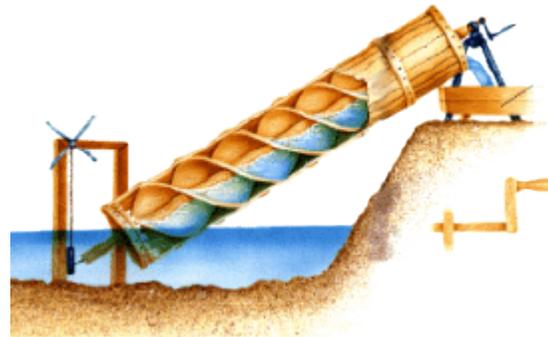
- Talete: misurazione di distanze con similitudini di triangoli
- Anassimandro: cartografia
- Eraclito: filosofo del divenire
- Leucippo e Democrito: atomismo, ma senza prove
- Erodoto: storia e geografia antropologica
- Anassagora: spiegazione dei fenomeni atmosferici e celesti
- Ippocrate di Coo: metodo induttivo per la medicina, distinguendola da religione
- Ippocrate di Chio: geometria del cerchio e dimostrazioni
- Socrate: sapere astronomico solo perché è utile, altrimenti è perdita di tempo
- Platone: matematica all'apice nell'astronomia; non osserva, ma spiega il mondo; dimostrazioni deduttive

Aristotele (384-322 a.C.)

- Naturalista
- Anti meccanicista
- Finalista
- Metafisica, logica, gnoseologia, etica, fisica
- Fa esperienze osservando e classificando
- Universo con sfere concentriche
- Non applica le leggi terrestri al cielo
- Punto di riferimento in astronomia per i secoli seguenti, ma non in biologia

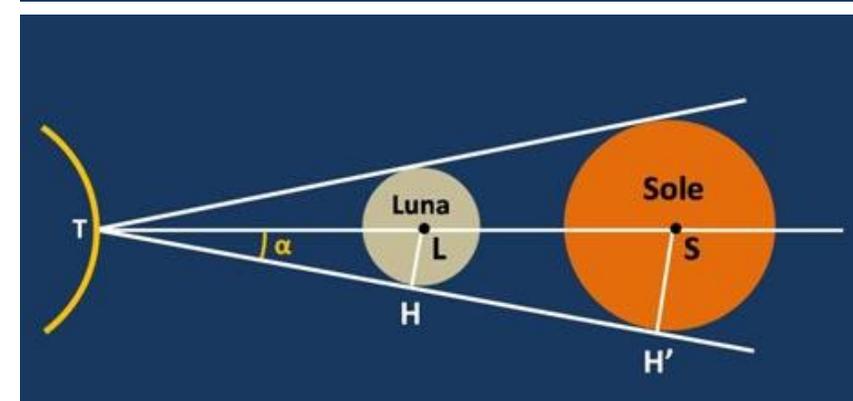
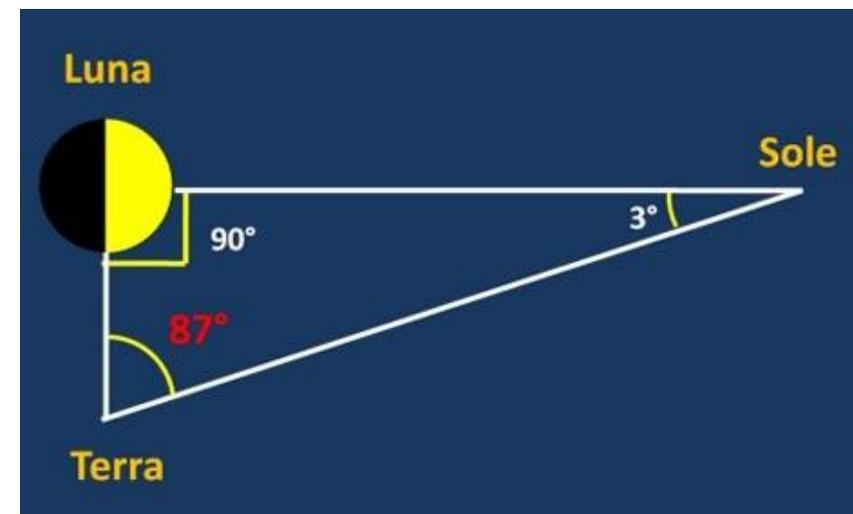
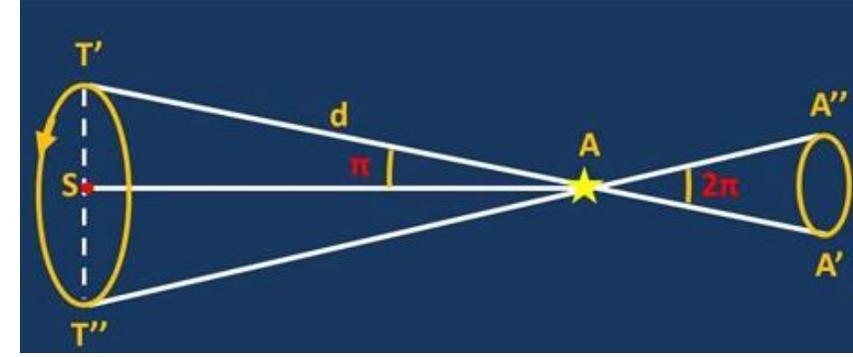
III secolo a.C.

- Euclide
 - Elementi di geometria e algebra, con assiomatica
 - Il problema del V postulato
 - Trattato perduto «sugli errori»
- Erofilo
 - Prima dissezione del corpo umano
- Archimede
 - Dimostra dopo aver inventato
 - Leve
 - Coclea
 - Calcolo di π
 - *Un corpo immerso in un liquido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del liquido spostato*



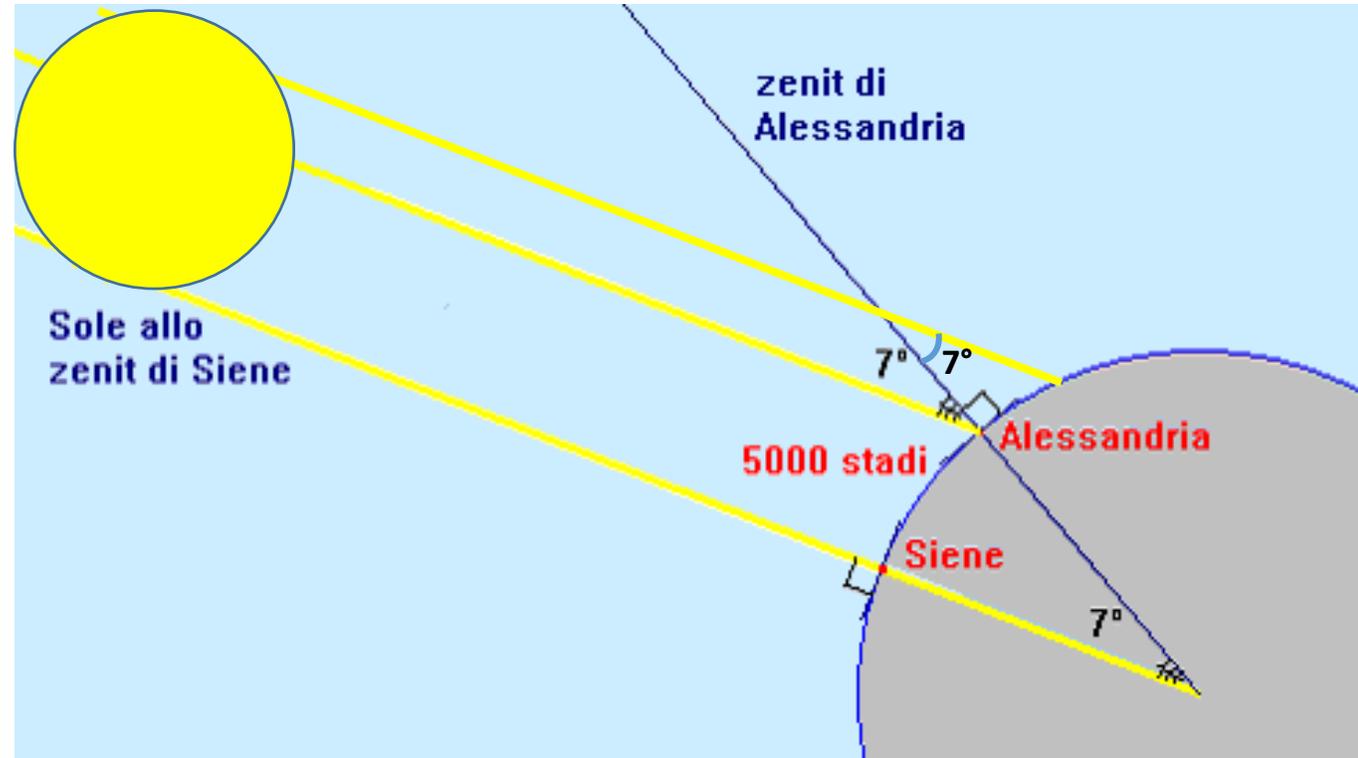
Aristarco di Samo (301-230 a.C.)

- Scrive *Delle dimensioni e distanze di Sole e Luna*
- Eliocentrismo
 - Stelle lontanissime altrimenti ci sarebbe parallasse annua (calcolata nel 1838)
- Calcolo distanza Luna, in base a eclissi
 - 60 volte il raggio della terra
- Calcolo distanza Terra-Sole, rispetto a Terra-Luna
 - 20 volte, invece di 390; angolo di 87° invece di $89^\circ 51'$
- Calcolo del raggio del Sole rispetto a Luna
 - 20 volte perché il diametro apparente è uguale
- Stagioni a causa dell'inclinazione dell'asse terrestre



Eratostene di Cirene (276-194 a.C.)

- Circonferenza terrestre
 - conoscendo la distanza (in ore di dromedario) tra Siene e Alessandria (errore del 2%)
- Crivello per i numeri primi
- Geografia: latitudine e longitudine



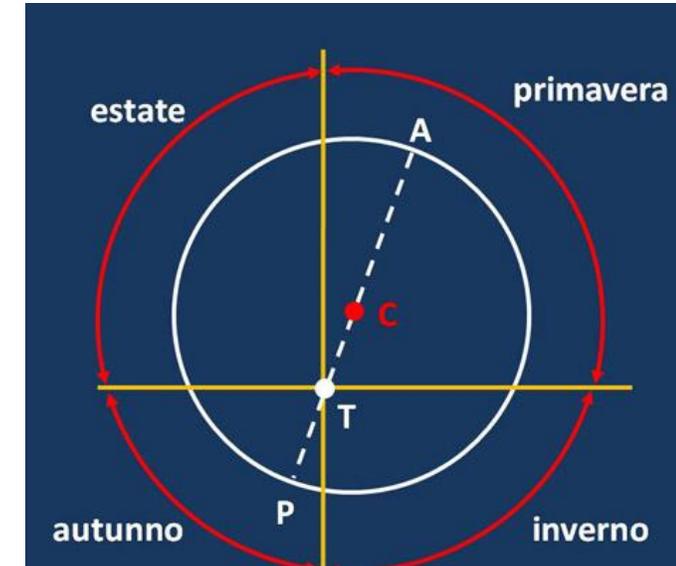
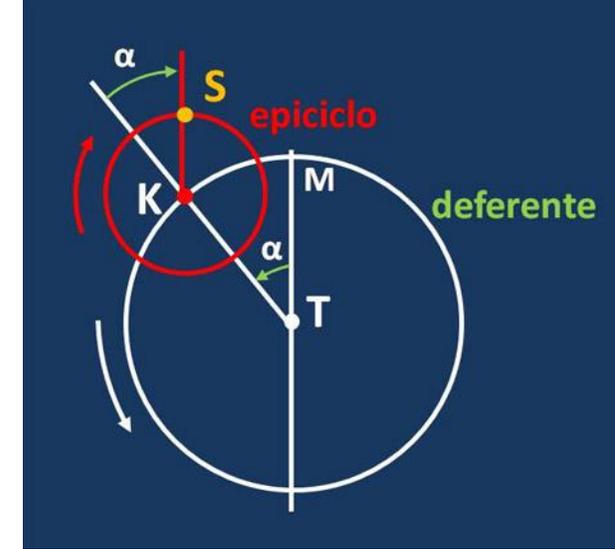
Apollonio di Perga (262-190 a.C)

Presupposti «filosofici»

1. Orbita solare circolare
2. Terra al centro
3. Velocità del Sole costante

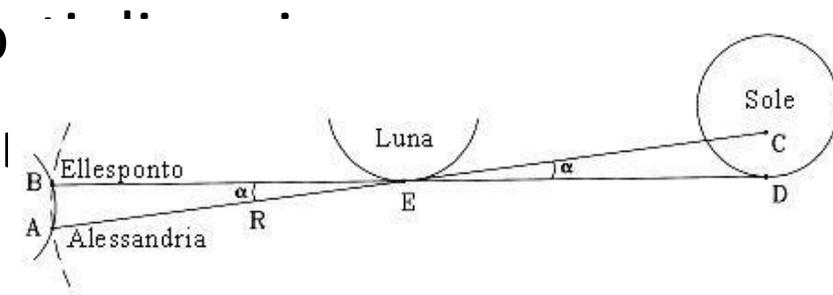
Introduce epicicli, eccentrici

- Il sistema geocentrico non spiega la variazione di luminosità dei pianeti, dovuta alla distanza variabile dalla Terra
 - Lo risolve ponendo il centro del deferente spostato rispetto al centro della Terra (metodo dell'eccentrico)
- Non spiega la variabilità della velocità angolare con cui il Sole e i pianeti percorrono l'eclittica



Ipparco di Nicea o Rodi (190-120 a.C.)

- Tavole trigonometriche
- Catalogo di 1000 stelle con sei classi di magnitudine
- Distanza della Luna con eclissi solare vista da due po
- Calcolo della longitudine partendo da un'eclissi lunari
- Precessione degli equinozi
- Raffinamento di calcoli precedenti
- Introduce i deferenti eccentrici, come Apollonio

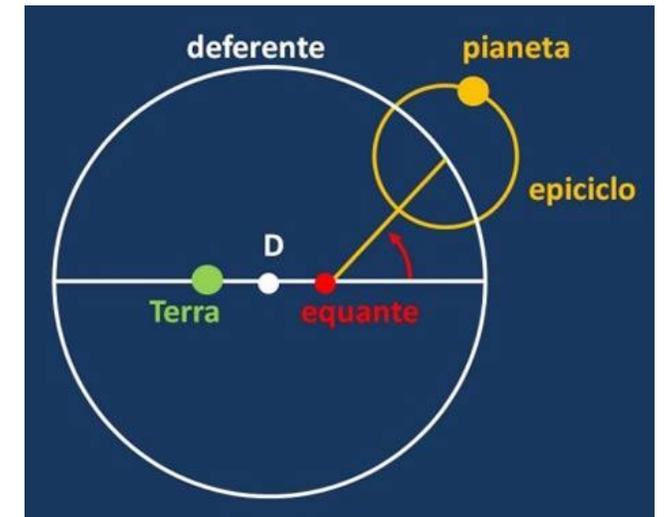
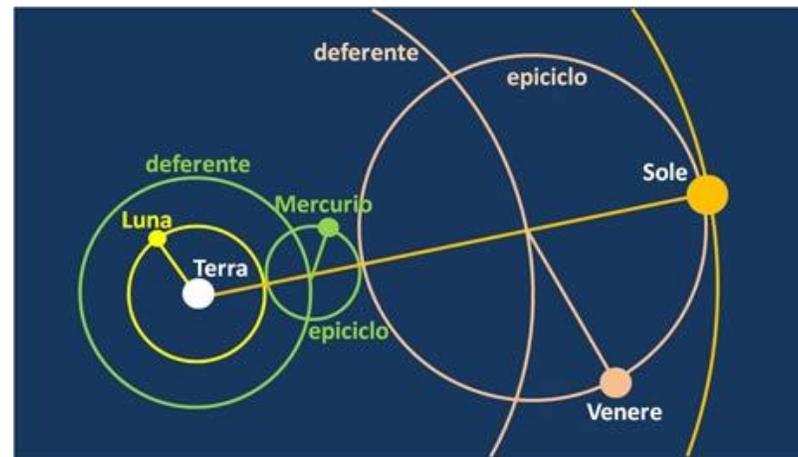
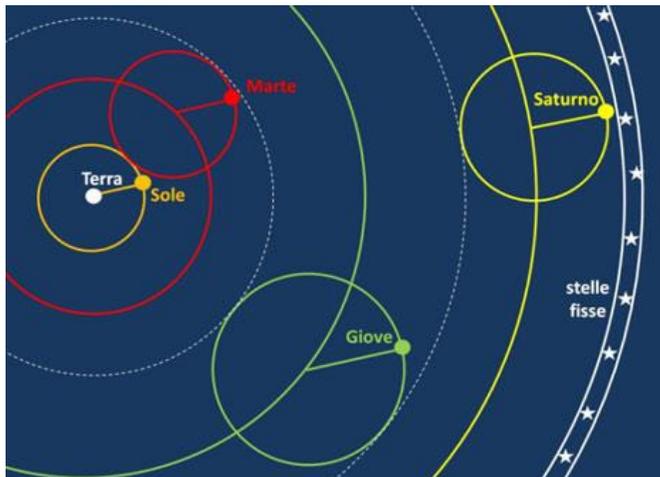


I-II secolo

- Erone
 - Meccanico e ottico
- Diofanto
 - Algebra, ritrovata dopo il XVI secolo
- Galeno
 - Non attinge alla biologia di Aristotele
 - Teleologo: ogni cosa è fatta da Dio per uno scopo
 - Conta di più conoscere la Volontà di Dio che la natura: questo ferma la ricerca
- Romani
 - Sviluppo della sola scienza naturale in relazione all'uomo (Plinio)
 - Tecnica sofisticata senza impianto scientifico

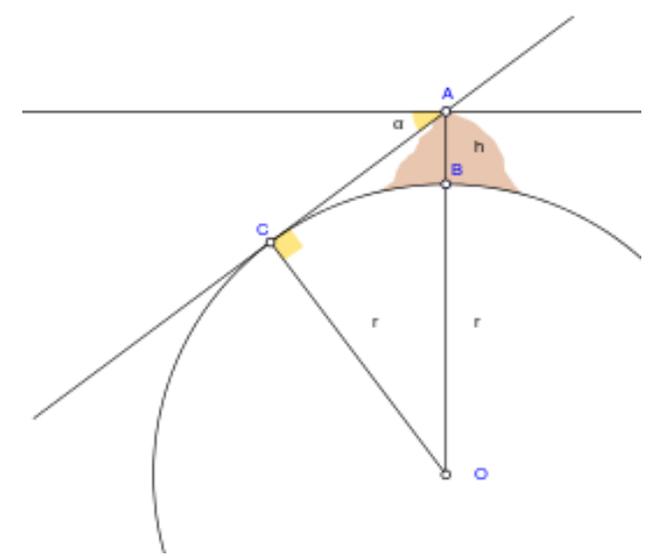
Tolomeo (100-175)

- Egiziano
- Almagesto, tradotto dall'arabo al latino nel XII secolo
- Modello geocentrico con deferenti ed epicli, esatto per le misure a occhio nudo
 - Equante
 - Per spiegare la variabilità della velocità angolare con cui il Sole e i pianeti percorrono l'eclittica
 - Non ci sono spazi vuoti e gli epicicli sono tangenti tra loro
- Sfera armillare
- Planisfero



ISLAM e la scienza

- Inizia con la medicina
- Stelle per orientarsi e navigare, con osservazioni empiriche
- Traducono testi antichi in arabo
 - Saranno ritradotti in latino perché il greco antico era stato dimenticato
- VIII secolo
 - Ereditano l'astronomia greca, indiana e persiana
- IX-XI secolo
 - Al-Khwarizimi: tavole planetarie, algebra con notazione moderna, geografia, traduttore di opere precedenti
 - Al-Biruni: contro le superstizioni, metodo sperimentale, calcolo migliorato del raggio terrestre con orizzonte da montagna
 - Al-Farghani: compendio di astronomia, con ricalcolo migliorato di Tolomeo
 - Alhazen: critica a Tolomeo perché troppo complesso, ottica e foro stenopeico
 - Al-Zarqālī (Arzachel): tavole toledane, astrolabio
- XI-XV secolo
 - Al-Juzjani: obiezioni a Tolomeo
 - Al-Ghazali: contro la filosofia greca
 - Averroè: scienziato polivalente, «eretico» perché sostiene la possibilità di raggiungere la verità anche con la ragione, studia Aristotele in arabo e contesta Al-Ghazali
 - Scuola di Maragha: la descrizione matematica del cosmo deve corrispondere alla realtà basandosi su osservazioni empiriche, critica ad Aristotele e Tolomeo, eliminazione dell'equante con moltiplicazione di epicicli con ipocicli



Abdus Salam, Nobel per la Fisica 1979

- In nome di Allah, il Misericordioso e il Compassionevole, lasciatemi dire che io sono un musulmano persiano, dunque sono un credente. Settecentocinquanta versi del Corano, quasi un ottavo del libro, esortano i credenti a studiare la natura, a riflettere, a fare l'uso migliore della ragione nella ricerca del Supremo e a fare dell'acquisizione della conoscenza parte integrante della vita comunitaria. Il Sacro Profeta dell'Islam, che abbia la pace, diceva ai suoi seguaci che **la ricerca della conoscenza e la scienza sono fundamentalmente obbligatorie per ciascuno**, per ogni musulmano, uomo o donna.
- Appena cento anni dopo la morte del Profeta i musulmani avevano acquisito nelle scienze una assoluta supremazia che durò per i successivi trecentocinquanta'anni. Per trecentocinquanta'anni l'Islam fu il "numero uno" per tutto ciò che riguardava le scienze. [...] tra gli anni 750 e 1100 si possono trovare solo musulmani[...] Poi, per duecentocinquanta'anni gli onori furono condivisi con l'Occidente. In seguito, i musulmani cominciarono a sparire.
- L'umanità occidentale dovette attendere cinquecento anni prima che lo stesso tipo di maturità e la stessa ostinata determinazione nella sperimentazione venisse di nuovo raggiunta da Tycho Brahe. [...] In quei duecentocinquanta, trecento anni in cui i musulmani furono predominanti, essi introdussero l'idea dell'esperimento. **L'idea dell'esperimento è interamente dovuta ai musulmani** e per questa ragione l'attuale civiltà dovrebbe essere chiamata civiltà greco-giudaica-cristiano-islamica, includendo l'eredità islamica.
- Il declino è cominciato intorno all'XI secolo ed è giunto a compimento duecentocinquanta'anni dopo. Perché avvenne? Nessuno lo sa con certezza. Ci furono in effetti molteplici cause, e in primo luogo l'invasione dell'Impero mongolo. Tuttavia a mio avviso la fine dell'attività scientifica all'interno del mondo islamico fu dovuta più che altro a cause interne. **Mi riferisco in particolare all'azione del clero. La sua funzione fu quella di deprimere l'Islam**: sebbene non lo facesse in maniera consapevole vi riuscì benissimo con la sua **insistenza sull'idea di obbedienza all'autorità**, il tawhîd.
- Perché accadde? Accadde perché **alcuni musulmani molto devoti alla scienza** e alla tecnologia le misero in così grande risalto, che **cominciarono ad attaccare il Sacro Corano**, cosa che non era mai successa nella civiltà islamica. Il risultato fu che il clero, **i mullah colsero l'occasione per far sì che la civiltà islamica la facesse finita con la scienza e la tecnologia**. Ciò accadde tra l'XI e il XII secolo.
- Si potrebbero ricordare diverse iniziative prese dal clero. Una di esse fu ad esempio che **si smise di stampare libri**. La stampa fu introdotta in Europa quattrocento anni fa, quando intorno al 1450 Gutenberg stampò per la prima volta la Bibbia. Ho visto con i miei occhi [...] una copia del Corano stampata a Venezia poco dopo il 1500. Nei paesi musulmani invece non è esistita una stampa del Corano fino al 1874. Non c'era libro che potesse essere stampato, poiché i mullah non avrebbero acconsentito. Ciò ha portato all'estinzione del saper leggere e scrivere, che rimasero riservati a un'unica classe di persone.
- D'altro lato **l'ultimo osservatorio in Islam fu fatto saltare con l'esplosivo a Istanbul nel 1580**. Perché? Perché il clero sospettava che in quel posto potessero nascere idee nuove. **Le idee nuove erano, per il clero, qualcosa di illegittimo**. [...] E ciò accadde nello stesso anno in cui Tycho Brahe inaugurava il suo osservatorio.

XII sec. - Tommaso d'Aquino, Summa Theologiae, I q 32 a 1 ad 2

Ad secundum dicendum quod ad aliquam rem dupliciter inducitur ratio. Uno modo, ad probandum sufficienter aliquam radicem, sicut in scientia naturali inducitur ratio sufficiens ad probandum quod motus caeli semper sit uniformis velocitatis. Alio modo inducitur ratio, non quae sufficienter probet radicem, sed quae radici iam positae ostendat congruere consequentes effectus, sicut in astrologia ponitur ratio excentricorum et epicyclorum ex hoc quod, hac positione facta, possunt salvari apparentia sensibilia circa motus caelestes, non tamen ratio haec est sufficienter probans, quia etiam forte alia positione facta salvari possent.

Si può portare un argomento per due scopi. Primo, per provare in modo rigoroso un dato principio: a tale scopo, p. es., nelle scienze naturali **si portano argomenti rigorosi per dimostrare che il moto dei cieli ha sempre una velocità uniforme**. Secondo, si può portare un argomento **non per dimostrare scientificamente un dato principio**, ma soltanto per far vedere come siano legati intimamente al principio, posto (come assioma), gli effetti che ne derivano: così, p. es., **in astronomia si ammettono gli eccentrici e gli epicicli** perché, accettata questa ipotesi, si può dare ragione delle irregolarità che nel moto dei corpi celesti appaiono ai sensi: tuttavia questo argomento non è apodittico, **perché forse (tali irregolarità) potrebbero spiegarsi anche ammettendo un'altra ipotesi**.

Cronologia sinottica della rivoluzione scientifica

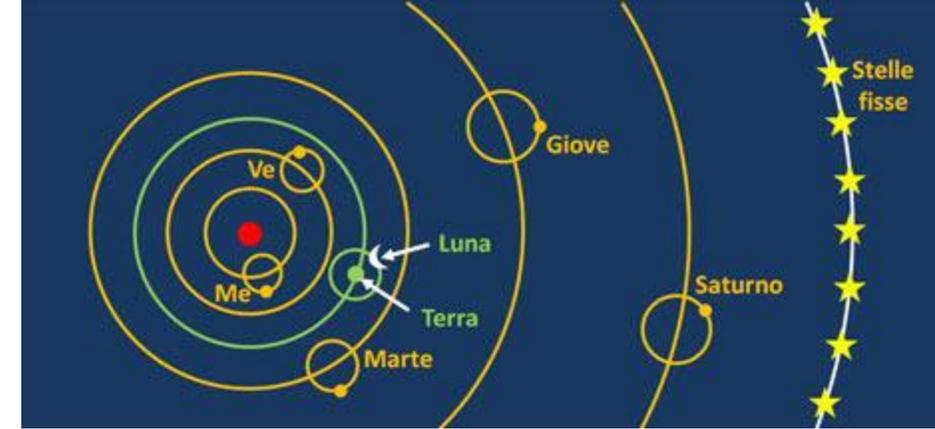
1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1650	1675	1700	1725	1750	1775	1800	1825	1850	1875	1900	1925
Copernico																		
		Tycho																
			Keplero															
			Galileo															
			F. Bacone															
				Cartesio														
					Boyle													
						Newton												
									Aberrazione della luce (Bradley)									
												Darwin						
													Parallasse annua (Bessel)					
														Pendolo (Foucault)				
																	Relatività e quantistica	

Niccolò Copernico (1473-1543)

Polacco cattolico, chierico non sacerdote, economista, canonista, studia medicina e influsso degli astri

1536 *De revolutionibus orbium coelestium*, non pubblicato per timore di condanna

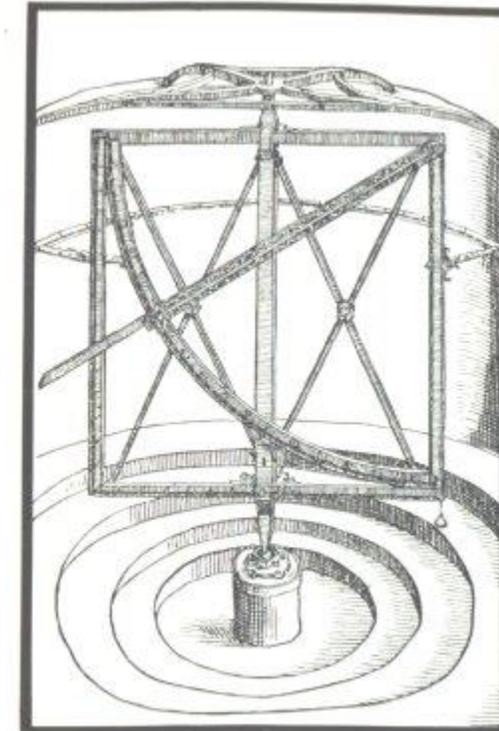
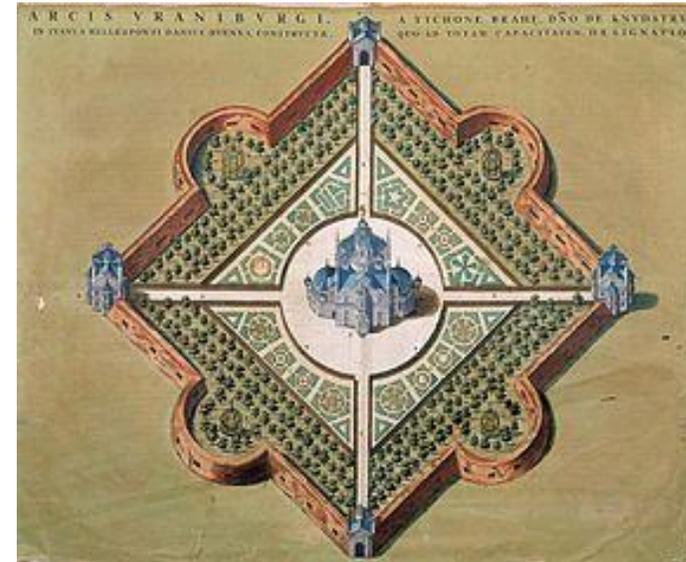
- Osiander (protestante) lo pubblica prima della morte dell'autore premettendo a nome dell'autore che era solo modello matematico, contro la volontà di Copernico
- Nella prefazione autentica Copernico cita i greci antichi eliocentrici
- Di fatto non abbandona l'equante e gli epicicli per gli altri pianeti
- Il discepolo Retico (luterano) utilizza le scoperte copernicane a fini astrologici
- Condanna del Sant'Uffizio nel 1616
 - Sol est centrum mundi, et omnino immobilis motu locali
 - *Stulta et absurda in philosophia et formaliter hereticam, quatenus contradicit expresse sententiis Sacrae Scripturae*
 - Terra non est centrum mundi nec immobilis, sed secundum se totam movetur, etiam motu diurno
 - *hanc propositionem recipere eandem censuram in philosophia; et spectando veritatem theologiam, ad minus esse in fide erroneam*



1. No a un unico centro per tutte le orbite celesti
2. Centro della Terra non dell'universo, ma di attrazione dei corpi pesanti e dell'orbita lunare
3. Orbite intorno al Sole e centro del mondo vicino al Sole
4. Distanza del Sole dalla Terra piccolissima rispetto a stelle
5. Moto stellare dipende da Terra che ruota mentre il cielo è immobile
6. Moto solare dipende da orbita della Terra
7. Moti planetari dipendono da moto della Terra

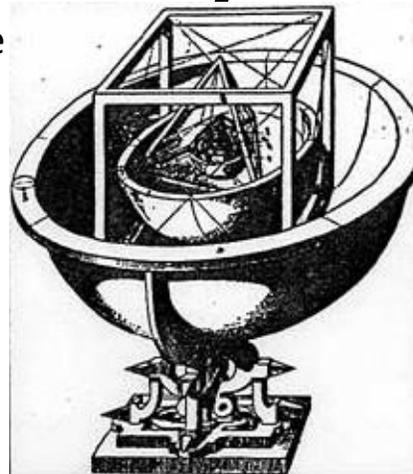
Tycho Brahe (1546 – 1601)

- Danese, nobile, luterano
- Osservatorio astronomico sofisticato a occhio nudo a Hven in Danimarca
 - Supernova in Cassiopea nel 1572
 - Catalogo di posizioni di pianeti e stelle
- Sistema geo-eliocentrico per motivi religiosi e scientifici
 - Non si può contraddire la Bibbia
 - La terra è troppo pesante per muoversi
 - I cieli sono più leggeri e quindi possono ruotare
 - Le stelle dovrebbero avere parallasse annua se la terra si muovesse
 - Non possono essere molto lontane e giganti
 - Il problema delle orbite intersecanti
 - Esclude il modello a sfere materiali concentriche



Giovanni Keplero (1571-1630)

- Tedesco, figlio di luterani, battezzato cattolico, educato protestante
- Studia da un maestro convinto del copernicanesimo
- Conosce Tycho Brahe e ne eredita il posto e i dati
- Pensiero filosofico spirituale (Dio è guida), mistico, neoplatonico e neopitagorico
- **Mysterium Cosmographicum (1596)**
 - Racconta anche i suoi fallimenti
 - Conserva le orbite sferiche, incastonate tra i solidi perfetti ottaedro 8, icosaedro 20, dodecaedro 12, tetraedro 4, cubo 6
 - *La mia intenzione è di mostrare in questo libro che il Creatore Ottimo Massimo, al creare l'universo mobile e al disporre gli orbi, ha guardato quelli cinque solidi regolari notabilissimi dal tempo di Pitagora e di Platone fino ai nostri e che Egli accomodò alla natura di essi il numero degli orbi celesti, le loro proporzioni e i loro movimenti.*
 - Cerca di armonizzare il copernicanesimo con la Bibbia: la realtà deve corrispondere alla geometria del sistema solare
- Costruisce il telescopio astronomico con oculare biconvesso che dà maggiore ampiezza di campo
- Deduce la seconda legge dai calcoli di Marte con i dati di Tycho Brahe
- **Astronomia nova (1609)**
 - Orbite ellittiche
 - Poco accettate inizialmente, forse perché proposte da un mistico
 - Attrazione magnetica dei pianeti
 - Non arriva alla corretta legge di gravitazione perché pensa a diminuzione lineare e non quadratica con la distanza



TRE LEGGI

1. Orbite ellittiche dei pianeti con Sole in uno dei fuochi
2. Il raggio che unisce il pianeta con il Sole spazza aree uguali in tempi uguali
3. Il quadrato del periodo di rivoluzione di un pianeta è proporzionale al cubo della sua distanza media dal Sole

Una sua preghiera

Ecco ora ho completato questo lavoro per il quale ero stato chiamato, per farlo ho utilizzato quella forza della mente che tu mi hai donato; ho mostrato agli uomini che leggeranno queste dimostrazioni la magnificenza della tua opera, o almeno quella parte della tua infinita grandezza che la mia mente è riuscita a capire. La mia mente è stata pronta a filosofare più correttamente: se vi è qualcosa di indegno sui tuoi disegni esposto da me, un verme nato e nutrito in un pantano di peccati, qualcosa che desideri che gli uomini conoscano: infondi anche questo in me, in modo che io possa correggermi. Se mi sono lasciato confondere dalla bellezza del tuo lavoro, ed ho osato troppo se ho provato piacere della mia fama tra gli uomini per il successo della mia ricerca che è destinata solo alla tua fama, perdonami o Signore nella tua misericordia e nella tua generosità. Ed infine benevolmente fa' che queste dimostrazioni siano per la tua gloria e per la salvezza delle anime e che nulla sia di ostacolo a ciò

Galileo Galilei (1564-1642)

- Fiorentino nato a Pisa, studia per diventare monaco, contrastato dal padre. Studia medicina, filosofica, matematica e astronomia. Lascia medicina e insegna matematica. Si sposta a Padova per guadagnare di più dopo la morte del padre. Guadagna anche vendendo compassi militari.
- 1604 Esperimenti sui piani inclinati in laboratorio
 - la velocità è proporzionale alla radice quadrata della distanza percorsa
 - la distanza coperta è proporzionale al quadrato del tempo di caduta
 - la traiettoria seguita da un corpo proiettato orizzontalmente a velocità uniforme e poi lasciato cadere è una semiparabola
- 1609 Perfeziona il cannocchiale olandese
 - Dettagli della Luna
 - Satelliti di Giove
 - Fasi di Venere
 - Macchie del Sole
 - La reazione iniziale degli astronomi è positiva perché non fanno considerazioni teologiche
- Le sue scoperte non raggiungono certezze ma probabilità
 - Interpretazione delle macchie solari come nuvole
 - Galleggiamento non dipende da forma ma da peso nel mezzo
 - Errore sulla natura delle comete, fenomeni illusori come l'arcobaleno
 - Rifiuto dell'ipotesi di Keplero sulla causa lunare delle maree, per rafforzare la tesi del movimento della Terra
 - Rifiuto delle orbite ellittiche di Keplero per non abbandonare la perfezione della circolarità
- Galileo insiste nel considerare vero ciò che conclude dalle sue osservazioni

Opere di Galileo

- Sidereus Nuncius (1610)
 - Annuncio delle scoperte fatte con il cannocchiale
- Il Saggiatore (1623)
 - Apparizione di tre comete nel 1618
 - Difesa del metodo empirico sperimentale rispetto al principio di autorità
 - Errore di Galileo nell'interpretazione dei dati delle osservazioni
- Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (1624-1630)
 - Salviati: ricercatore innovatore e progressista
 - Simplicio: dotto accademico ancorato alla tradizione
 - Sagredo: mediatore interessato ad aspetti tecnici ed economici
 - Confronto tra sistema geocentrico ed eliocentrico
 - Relatività dei moti
 - Maree
 - Mette in ridicolo le tesi aristoteliche
- Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze (1638)
 - Dinamica dei movimenti e scienza delle costruzioni
 - Stessi personaggi del Dialogo
 - *Ma simili profonde contemplazioni si aspettano a più alte dottrine che le nostre: a noi deve bastare d'esser quei men degni artefici, che dalle fodine scoprono e cavano i marmi, ne i quali poi gli scultori industri fanno apparire meravigliose immagini, che sotto roza ed informe scorza stavano ascoste*

Lettere di Galileo

Dicembre 1613 - A Padre Benedetto Castelli

- *se bene la **Scrittura non può errare**, potrebbe nondimeno talvolta **errare alcuno de' suoi interpreti** ed espositori, in varii modi: tra i quali uno sarebbe gravissimo e frequentissimo, quando volessero fermarsi sempre nel puro significato delle parole, perché così vi apparirebbono non solo diverse contraddizioni, ma gravi eresie e bestemmie ancora; poi che sarebbe necessario dare a Iddio e piedi e mani e occhi, e non meno affetti corporali e umani, come d'ira, di pentimento, d'odio, e anco talvolta l'oblivione delle cose passate e l'ignoranza delle future*

Febbraio 1615- Alla Granduchessa Cristina di Lorena dopo il suo richiamo

- *Mi par che nelle dispute di problemi naturali **non si dovrebbe cominciare dalle autorità di luoghi delle Scritture**, ma dalle **sensate esperienze e dalle dimostrazioni necessarie***
- Riprende principi di Sant'Agostino
 - Inerranza della Bibbia
 - Unica fonte delle verità: Scritture e natura
 - Limitazione: intenzione primaria della Bibbia è la salvezza degli uomini
 - Prudenza: evitare di impegnare il testo biblico nel sostegno di tesi errate

Lettera a Galileo

Aprile 1615 - Risposta del Card. Bellarmino a Padre Paolo Antonio Foscarini

- *Dico che mi pare che V.P. e il Sig. Galileo facciano prudentemente a contentarsi di parlare **ex suppositione e non assolutamente**, come io ho sempre creduto che abbia parlato il Copernico. Perché il dire che, supposto che la **terra si muova et il sole stia fermo si salvano tutte l'apparenze** meglio che con porre gli eccentrici et epicicli, è benissimo detto, e **non ha pericolo nessuno** [.]. Dico che **quando ci fusse vera demonstratione che il sole stia nel centro del mondo** e la terra nel terzo cielo, e che il sole non circonda la terra, ma la terra circonda il sole, allhora **bisognerà andar con molta consideratione in esplicare le Scritture** che paiono contrarie, e più tosto **dire che non l'intendiamo**, che dire che sia falso quello che si dimostra. Ma io non crederò che ci sia tal demonstratione, fin che non mi sia mostrata.*
- *Tutti convengono in esporre ad literam c' il sole è nel cielo e gira intorno alla terra con somma velocità, e che la terra è lontanissima dal cielo e sta nel centro del mondo, immobile. Consideri hora lei, con la sua prudenza, se la Chiesa possa sopportare che si di alle Scritture un senso contrario alli Santi Padri e a tutti gli espositori greci e latini. Né si può rispondere che questa non sia materia di fede, perché se non è materia di fede ex parte obiecti, è materia di fede ex parte dicentis; e così **sarebbe heretico chi dicesse che Abramo non habbia avuti due figliuoli e Iacob dodici, come chi dicesse che Cristo non è nato da vergine**, perché l'uno e l'altro lo dice lo Spirito Santo per bocca de' Profeti et Apostoli.*

Condanne emesse e revocate

24 febbraio 1616 - Condanna del Copernicanesimo

- *Per l'eresia del Sole al centro del mondo, e l'errore nella fede del moto della Terra*

22 giugno 1633 – Condanna di Galileo

- *Ti sei reso a questo S. Off.o veementemente sospetto d'eresia, cioè d'aver tenuto e creduto dottrina falsa e contraria alle Sacre e divine Scritture, **ch'il sole sia centro della terra e che non si muova da oriente ad occidente, e che la terra si muova e non sia centro del mondo**, e che si possa tener e difendere per probabile un'opinione dopo esser stata dichiarata e diffinita per contraria alla Sacra Scrittura; [...]. Dalle quali siamo contenti sii assoluto, pur che prima, con cuor sincero e fede non finta, avanti di noi abiuri, maledichi e detesti li sudetti errori e eresie...*
- *E acciocché questo tuo grave e pernicioso errore e transgressione non resti del tutto impunito, e sii più cauto nell'avvenire e esempio all'altri che si astenghino da simili delitti, ordiniamo che per publico editto **sia proibito il libro de' Dialoghi di Galileo Galilei**.*
- *Ti **condaniamo al carcere formale** in questo S.o Off.o ad arbitrio nostro; e per penitenze salutari t'imponiamo che per tre anni a venire dichi una volta la settimana li sette Salmi penitenziali: riservando a noi facoltà di moderare, mutare, o levar in tutto o parte, le sodette pene e penitenze.*
 - Come carcere, dopo una breve permanenza a Roma, gli fu assegnato il palazzo dell'arcivescovo di Siena, Ascanio Piccolomini, ch'ebbe per lui affetto e cure filiali, e infine, nel dicembre, gli fu concesso di far ritorno da prigioniero nella sua villa in Arcetri

1710 – pubblicato con permesso ecclesiastico di Firenze, il «Dialogo sopra i due massimi sistemi»

1757 – Benedetto XIV fa riesaminare l'eliocentrismo togliendo la proibizione generale dall'Indice

1820 – Pio VII approva il libro di astronomia di Settele e dichiara accettabile l'eliocentrismo

- *Non sussiste ostacolo alcuno a che si possa sostenere l'affermazione di Copernico circa il moto della Terra, nel modo in cui adesso la si suole sostenere anche da parte degli autori cattolici*

Opinioni diverse

Paul Feyerabend (1975)

- *La Chiesa dell'epoca di Galileo si attenne alla ragione più che lo stesso Galileo, e prese in considerazione anche le conseguenze etiche e sociali della dottrina galileiana. La sua sentenza contro Galileo fu razionale e giusta, e solo per motivi di opportunità politica se ne può legittimare la revisione.*

Josef Ratzinger (1990)

- *Sarebbe assurdo costruire sulla base di queste affermazioni una frettolosa apologetica. **La fede non cresce a partire dal risentimento e dal rifiuto della razionalità, ma dalla sua fondamentale affermazione e dalla sua iscrizione in una ragionevolezza più grande.***

Rafael Martínez (1994)

- *Si sarebbe tentati, in primo luogo, di affermare semplicemente che la scienza di Galileo era ancora una scienza imperfetta. Cioè, che i suoi argomenti erano ancora scorretti, e quindi destinati ad essere sorpassati e abbandonati. Questo verrebbe a rafforzare l'idea che la condanna di Galileo fu causata dal proprio errore: aver difeso con eccessiva forza una dottrina inesatta. Tale valutazione, però, è incompleta, e risulta inadeguata per cogliere il significato di questo momento di crisi nell'evoluzione della scienza. Infatti, **è vero che la scienza di Galileo era imperfetta, come anche la nostra scienza è imperfetta.** Ma che cosa significa una tale affermazione? Se si intende dire che Galileo non riuscì ad elaborare completamente i problemi affrontati, e che quindi diede delle soluzioni ancora imperfette, si è nel vero. **Ma ciò non permette di concludere che i suoi argomenti non avessero alcun valore, né ci autorizza quindi ad affermare che il sistema copernicano doveva essere visto come una pura ipotesi matematica.** Anche la scienza attuale si trova di fronte a problemi che non riesce ad elaborare adeguatamente (pensiamo, soltanto nell'ambito della fisica teorica, alle teorie di unificazione e ai problemi sull'origine dell'universo), senza che ciò spinga gli scienziati a delle posizioni strumentaliste.*

La revisione del processo a Galileo, nel XX secolo

Papa Giovanni Paolo II

- *... dei teologi, degli scienziati e degli storici, animati da spirito di sincera collaborazione, approfondissero l'esame del caso Galileo e, in un riconoscimento leale dei torti, da qualunque parte essi venissero, facessero scomparire la sfiducia che questo caso ancora oppone, in molti spiriti, a una fruttuosa concordia tra scienza e fede.* 10/11/1979
- *L'errore dei teologi del tempo, nel sostenere la centralità della terra, fu quello di pensare che la nostra conoscenza della struttura del mondo fisico fosse, in certo qual modo, imposta dal senso letterale della S. Scrittura. [...] In realtà, la Scrittura non si occupa dei dettagli del mondo fisico, la cui conoscenza è affidata all'esperienza e ai ragionamenti umani. Esistono due campi del sapere, quello che ha la sua fonte nella Rivelazione e quello che la ragione può scoprire con le sole sue forze. A quest'ultimo appartengono le scienze sperimentali e la filosofia. La distinzione tra i due campi del sapere non deve essere intesa come una opposizione. I due settori non sono del tutto estranei l'uno all'altro, ma hanno punti di incontro. Le metodologie proprie di ciascuno permettono di mettere in evidenza aspetti diversi della realtà.* 31/10/1992

Card. Paul Poupard

- *È in questa congiuntura storico-culturale, ben lontana dal nostro tempo, che i giudici di Galileo, incapaci di dissociare la fede da una cosmologia millenaria credettero a torto che l'adozione della rivoluzione copernicana, peraltro non ancora definitivamente provata, fosse tale da far vacillare la tradizione cattolica e che era loro dovere il proibirne l'insegnamento. Questo errore soggettivo di giudizio, così chiaro per noi oggi, li condusse ad adottare un provvedimento disciplinare di cui Galileo «ebbe molto a soffrire». Bisogna riconoscere questi torti con lealtà, come ha chiesto Vostra Santità.* 1/11/1992

Francesco Bacone (1561-1626)

- Cancelliere d'Inghilterra, cade in disgrazia ed è condannato nel 1621 e graziato
- 1620 - *Novum Organum*
 - Contro Aristotele, promuove filosofia non solo speculativa ma utilitarista
 - Abbattere gli idoli, questi pregiudizi:
 - I sensi non ci ingannano
 - Ordine del cosmo
 - Ognuno vede la realtà a modo suo
 - Parole senza corrispondenza con la realtà o ambigue
 - Teorie a priori per spiegare la natura
 - Inutile il metodo deduttivo
 - Induzione, senza fermarsi alla enumerazione dei fenomeni, tramite le *Tabulae*
 - *Praesentia*, quando si verifica
 - *Absentia*, quando non si verifica
 - *Graduum*, in che modo si verifica
- Punto di riferimento per *Encyclopédie* e Illuminismo

1638

**Sermones Fideles sive
Interiora Rerum**

*In rebus quibuscumque
difficilioribus non
expectandum, ut quis simul,
et serat, et metat, sed
praeparatione opus est, ut
per gradus maturescant*

*Nelle cose più difficili
non bisogna aspettarsi
di seminare e mietere
contemporaneamente,
ma è necessaria una
preparazione affinché
maturino
gradualmente*

Renato Cartesio (1596-1650)

- Francese, cattolico, studia dai Gesuiti, ma non ama la Scolastica. È attratto dalla matematica. Si laurea in legge e poi si arruola.
- Vuole impostare tutta la conoscenza sul metodo geometrico, matematizzato con la geometria analitica
 - Filosofia è albero con radici di metafisica, tronco di fisica, rami di medicina, meccanica e morale
- *Cogito, ergo sum*: il mondo è ciò che penso, non ciò che percepisco
 - I sensi possono ingannarci (e non l'intelletto come dice San Tommaso)
 - Certezza logica, non empirica
 - Fondamento è il pensiero, non la realtà: ogni idea chiara e distinta è vera
 - Dualismo: *res extensa* e *cogitans*, corpo e anima
 - Non c'è finalismo, ma meccanicismo, frutto della spinta iniziale divina
- Non è valida la trasmissione della conoscenza per fiducia o fede
- Teorie errate sul corpo umano e sull'universo (vortici)
- Fisica: non pubblica il suo trattato per paura di condanna, come Galileo
 - Conservazione della quantità di moto e inerzia
 - Riflessione e rifrazione
 - Qualità matematizzabili distinte da secondarie (calore, odore, sapore), modi di essere della nostra conoscenza
- Conseguenze: idealismo, soggettivismo, riduzionismo

Quattro regole alla base del dubbio metodico (non scetticismo)

1. Evidenza: principio normativo autonomo
2. Scomposizione in parti minori: metodo analitico
3. Ricomposizione ordinata
4. Controllo finale

Roberto Boyle (1627-1668)

- Di famiglia anglicana inglese in Irlanda, studente prodigo, studioso della Bibbia in ebraico e aramaico, volle restare laico per avere maggiore autorevolezza
- 1661 - The Sceptical Chymist
 - Verifica sperimentale necessaria per la conoscenza
 - Materia corpuscolare, elementi chimici
- Qualità dei corpi oggettive (primarie) e dipendenti dalla percezione (secondarie)
- Meccanicismo universale attivato da Dio, secondo leggi che si possono scoprire
- 1690 – The Christian Virtuoso
 - *Being addicted to experimental philosophy, a man is rather assisted, than indisposed, to be a good Christian*
 - *Non vi dovete far trattenere da riconoscere la sapienza di Dio nella configurazione e nel comportamento dei corpi celesti dalle differenti ipotesi degli astronomi circa il loro ordine e i loro movimenti. Poiché non è sulla verità di questa o quella particolare spiegazione dei fenomeni celesti, ma sulla considerazione dei fenomeni stessi che si fonda la persuasione che noi abbiamo della divina sapienza, o almeno così deve essere. Infatti, sia che voi supponiate, con i pitagorici e con diversi antichi (citati da Aristotile e altri), la cui opinione è stata recentemente rimessa in vigore da Copernico, che il sole è al centro del nostro mondo e la terra, come pure gli altri pianeti, si muovono intorno a esso, oppure con Tolomeo e la maggioranza degli astronomi, che ritengono che la terra resti immobile, e tutti i pianeti e le stelle fisse compiano le loro orbite intorno a essa, come centro fisico dei loro movimenti; sia che, con Tycho e i suoi seguaci preferiate un'ipotesi diversa da ciascuna delle altre e, allo stesso tempo, contenente qualcosa di ambedue: [...] Cosicché, come dicevo prima, non è su un'ipotesi discutibile, ma su una attenta indagine che il nostro virtuoso può fondare la sua venerazione della sapienza divina espressa nella disposizione e nel comportamento dei corpi celesti*

Pressione * Volume =
costante
(a Temperatura costante)

Io certamente non affermo, come qualcuno dei seguaci di Paracelso, che Dio mostri agli uomini i grandi misteri della chimica servendosi degli angeli celesti, o mediante visioni notturne [...]. Invece sono convinto che la benevolenza di Dio (che è molto più grande di quanto gli uomini siano consapevoli) garantisca che alcuni uomini abbiano profitto dallo studio della natura, in parte proteggendo i loro tentativi da incidenti sfortunati, che spesso rendono infruttuosi anche gli sforzi più ingegnosi e industriosi; e in parte facendo in modo che essi entrino nelle grazie di coloro che possiedono la conoscenza di tali segreti, e che grazie ad amichevoli comunicazioni essi possono spesso imparare in un momento cose che conoscerebbero altrimenti soltanto dopo anni di lavoro e studio.

Isacco Newton (1642-1727)

- Matematico inglese, alchimista, laico nonostante fosse fellow di Cambridge, di carattere difficile, malato nervoso, religiosità personale antitrinitaria
- 1687 - Philosophiae Naturalis Principia Mathematica: Hypotheses non fingo
 - *In verità non sono ancora riuscito a dedurre dai fenomeni la ragione di queste proprietà della gravità, e **non invento ipotesi**. Qualunque cosa infatti, non deducibile dai fenomeni, va chiamata ipotesi; e nella filosofia "sperimentale" non trovano posto le ipotesi, sia metafisiche, sia fisiche, sia delle qualità occulte, sia meccaniche. In questa filosofia le proporzioni vengono dedotte dai fenomeni, e sono rese generali per induzione*
 1. Non ammettere più cause di quelle sufficienti
 2. Gli stessi effetti devono essere attribuiti alle stesse cause
 3. Le qualità dei corpi devono essere universali
 4. Le proposizioni risultanti dalle osservazioni dei fenomeni devono essere considerate accurate fino a che altri fenomeni non le contraddicono
- La scomposizione della luce in colori lo porta a progettare il telescopio riflettore
- Ipotesi di luce corpuscolare
- Rifiuta Cartesio perché pericoloso per la religione
 - Non accetta la sua teoria dei vortici per i pianeti
- Il mondo è infinito, opera di un essere intelligente che non interferisce
 - Dio sparisce nei seguaci di Newton
- Calcolo infinitesimale
- Azione a distanza della gravità

Leggi della meccanica

1. Un corpo conserva il suo moto rettilineo uniforme in assenza di forze
2. Forza = massa * accelerazione
3. A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria

Gravitazione universale

$$F=G*m*M/r^2$$

Prove della rivoluzione e rotazione terrestre

Aberrazione della luce

Bradley 1728

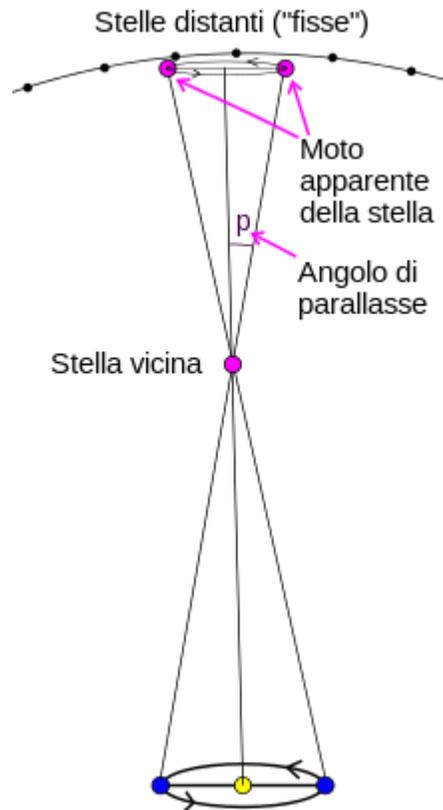
Parallasse annua

Bessel 1838

forse Calandrelli 1806

Invarianza del piano di oscillazione del pendolo

Foucault 1851



Orbita della Terra attorno al Sole



Carlo Roberto Darwin (1809-1882)

- Inglese, di famiglia di medici, protestanti non praticanti
- Studia le idee del nonno sull'origine dell'uomo dall'orang-utan, l'ereditarietà dei caratteri acquisiti (Lamarck), le teorie sulla lentezza dei processi geologici (Lyell), il metodo di ricerca di F. Bacon, le teorie di Malthus sulla popolazione e le risorse
 - Non accoglie gli studi di Mendel sulle mutazioni genetiche
- 1831-36 – Viaggia sul Beagle intorno all'America e l'Oceania e raccoglie campioni, in modo poco sistematico
- 1839-1845 - Scrive il resoconto del viaggio
- 1859 – L'origine delle specie
 - Selezione naturale, contro il creazionismo
 - Origine da una o poche specie
 - Modifiche per uso o non uso di un organo o funziona, oppure per mutazioni casuali
 - Competizione per sopravvivenza [ignora la cooperazione]
 - Ruolo creativo della selezione [applica alla macroevoluzione i meccanismi della microevoluzione]
 - Obiezioni da lui riconosciute
 - Perché i viventi non presentano un gran numero di forme di transizione? Erano pochi e sono spariti i fossili [non spiega i salti improvvisi di specie]
 - Come nasce il pipistrello attraverso piccole variazioni da progenitori completamente diversi? Organi perfetti come l'occhio?
 - *Se si potesse dimostrare che esiste un qualsiasi organo complesso che non può essersi formato tramite molte tenui modificazioni successive, la mia teoria crollerebbe completamente*
 - Come può la selezione naturale far imparare all'ape come fare un alveare? L'organizzazione delle formiche è inspiegabile
 - Il problema degli anelli mancanti e i falsi fossili costruiti negli anni seguenti

Scritti di Darwin

- 1871 – L'origine dell'uomo
 - Deriva dalla scimmia, con un processo continuo che non permette di stabilire l'inizio dell'uomo
 - *Quando vidi che molti naturalisti accettavano completamente la dottrina dell'evoluzione delle specie, mi sembrò opportuno sviluppare i miei appunti e pubblicare un trattato a sé sull'origine dell'uomo. Fui contentissimo di eseguire questo lavoro, perché mi dette l'occasione di poter trattare in modo completo l'argomento della selezione sessuale*
 - *La differenza mentale tra l'uomo e gli animali superiori, per quanto sia grande, è certamente di grado e non di genere*
 - *Dobbiamo sopportare l'effetto, indubbiamente cattivo, del fatto che i deboli sopravvivano e propaghino il proprio genere, ma si dovrebbe almeno arrestarne l'azione costante, impedendo ai membri più deboli ed inferiori di sposarsi liberamente come i sani [...] Entrambi i sessi dovrebbero astenersi dal matrimonio se sono deboli nel corpo e nella mente in modo accentuato [...] tutti coloro che non possono evitare la povertà per i propri figli dovrebbero evitare il matrimonio*
 - Estensione dell'analisi biologica a etica e società

Poiché le attuali forme viventi sono le discendenti lineari di quelle che vissero molto prima dell'epoca siluriana, possiamo essere certi che la successione ordinaria tramite generazione non è mai stata interrotta e **nessun cataclisma ha devastato il mondo intero**. Quindi possiamo guardare con una certa fiducia ad un avvenire sicuro, anch'esso di durata inconcepibile. E siccome **la selezione naturale opera esclusivamente tramite e per il bene di ciascun essere, tutti gli arricchimenti corporei e psichici tenderanno a progredire verso la perfezione**. [...] Dunque dalla guerra della natura, dalla carestia e dalla morte nasce la cosa più alta che si possa immaginare: la produzione degli animali più elevati

Autobiografia di Darwin

- *Quanto più conosciamo le leggi della natura, tanto più è difficile credere nei miracoli*
- *In realtà non posso capire perché ci dovremmo augurare che le promesse del cristianesimo si avverino: perché in tal caso, secondo le parole del Vangelo, gli uomini senza fede, come mio padre, mio fratello e quasi tutti i miei amici più cari, sarebbero puniti per l'eternità. Questo antichissimo argomento che si vale del **dolore per negare l'esistenza di una causa prima dotata d'intelletto**, mi sembra molto valido*
- *Un altro argomento a favore dell'esistenza di Dio, connesso con la ragione più che col sentimento, e a mio avviso molto importante, è l'estrema difficoltà, l'impossibilità quasi, di concepire l'universo, immenso e meraviglioso, e l'uomo, con la sua capacità di guardare verso il passato e verso il futuro, come il risultato di un mero caso o di una cieca necessità. **Questo pensiero mi costringe a ricorrere a una Causa Prima dotata di un'intelligenza in certo modo analoga a quella dell'uomo; e mi merito così l'appellativo di teista.** Questa conclusione, a quanto ricordo, era ben radicata nella mia mente al tempo in cui scrissi l'Origine delle specie; ma in seguito, dopo molti alti e bassi, **si è gradualmente indebolita.***
- *Non è mia pretesa far luce su questi astrusi problemi. Il mistero del principio dell'universo è insolubile per noi, e perciò, per quel che mi riguarda, **mi limito a dichiararmi agnostico.***

Darwinismo e neodarwinismo

- Emancipazione dalla religione
- Darwinismo sociale: sopravvivenza del più adatto genera sistemi imperialisti, capitalisti
- Eliminato il finalismo
- Riduzionismo
- Mutazioni casuali (errori replica DNA) e nuove specie per isolamento geografico
- «Il gene egoista» di R. Dawkins: non individui, ma geni che lottano per la sopravvivenza
- 1969 - Joseph Ratzinger
 - *Sarebbe sciocco e falso offrire quasi sottobanco la teoria dell'evoluzione come un prodotto della fede, anche se questa ha contribuito a che si formasse quell'orizzonte mentale in cui poté nascere la questione dell'evoluzione. Sarebbe ancora più sciocco considerare la fede come una specie di illustrazione della teoria dell'evoluzione e lasciare che questa sia confermata da quella*
 - *La fede nella creazione non ci dice il che cosa del senso del mondo, ma solo il suo perché [...] La creazione non è da pensare secondo lo schema dell'artigiano che realizza oggetti di ogni sorta, ma nella maniera in cui il pensiero è creatore*
 - *L'argilla divenne uomo nell'istante in cui un essere per la prima volta, anche se ancora in modo confuso, riuscì a sviluppare l'idea di Dio. [...] Poiché l'uomo non è costituito dall'utilizzo delle armi o del fuoco né dalle nuove forme della crudeltà o dell'utilitarismo, ma dalla sua capacità di essere immediatamente in rapporto con Dio. Questo stabilisce la dottrina della particolare creazione dell'uomo. [...] La teoria dell'evoluzione non annulla la fede, e nemmeno la conferma.*

Henri Bergson (1859-1941)

- Meccanicismo-naturalismo insufficiente perché non spiega l'unità del vivente, interpretandola come punto finale invece che come punto di partenza
- Finalismo-artificialismo insufficiente perché non spiega la presenza del disordine, dello spreco, delle derive involutive, dei fallimenti.
- Queste due prospettive interpretano lo sviluppo evolutivo *dal di fuori* e non dall'interno. I "pezzi", in sostanza, vengono assemblati da agenti esterni ad essi: rispettivamente il Caso e un Artefice. Lo "slancio vitale" è invece una forza interna, una tendenza innovativa, una esigenza di creazione.
- Per Darwin l'evoluzione tende ad ottimizzare la sopravvivenza del vivente. Per Bergson l'evoluzione tende ad esaltare la novità, producendo complessificazione.
- Influisce su modernismo e Teilhard de Chardin
- Sue opere all'Indice dei libri proibiti

Opinioni contrapposte

- Creazionismo
 - Nessuna evoluzione
- Intelligent design
 - Esistono organi irriducibilmente complessi
 - Non si possono formare attraverso piccole variazioni
 - La necessità del Creatore è dichiarata come teoria scientifica
 - Fiorenzo Facchini: *Con il ricorso a interventi esterni suppletivi o correttivi rispetto alle cause naturali viene introdotta negli eventi della natura una causa superiore per spiegare cose che ancora non conosciamo, ma che potremmo conoscere. Ma così non si fa scienza. Ci portiamo su un piano diverso da quello scientifico. Se il modello proposto da Darwin viene ritenuto non sufficiente, se ne cerchi un altro, ma non è corretto dal punto di vista metodologico portarsi fuori dal campo della scienza pretendendo di fare scienza.*
- Principio antropico e *fine tuning*
 - Se le costanti fisiche fossero diverse non avremmo l'universo attuale
- 2006 - Manifesto per una scienza dalla mentalità aperta
 - *Evocare l'esistenza di un movimento come quello dell'Intelligent Design per screditare alcuni scienziati che sostengono che le recenti scoperte scientifiche danno maggiore credibilità a filosofie non materialiste (sebbene senza pretesa di fornire prove razionali di ciò) vuol dire creare una confusione da considerare riprovevole*
 - *Accusare alcuni scienziati, come è accaduto recentemente in Francia, di prendere parte ad un campagna di "intrusione spirituale" nella scienza è immorale ed è contro la libertà di discutere sulle implicazioni filosofiche e metafisiche delle recenti scoperte scientifiche. È anche un esempio di diversità di metro di giudizio dal momento che le stesse persone non accusano Richard Dawkins di essersi coinvolto in "intrusioni materialistiche" nella scienza.*
 - *Agire in questo modo è fare un cattivo servizio alla scienza. In un momento in cui i giovani mancano di motivazioni per intraprendere la carriera scientifica e in cui la scienza è soggetta a numerose critiche, spesso ingiuriose, o male informate, la scienza ha bisogno di essere più aperta possibile (tra le altre cose verso la questione del significato) e non dovrebbe isolarsi secondo modalità che sono caratteristiche dello scientismo.*