

Introduzione al corso di Fisica I

I1 - Breve Biografia di Galileo Galilei¹⁾

- 1564 Galileo Galilei nacque a Pisa il 15 febbraio 1564 da Vincenzo Galilei, mercante e teorico della musica, e da Giulia Ammannati da Pescia. A dieci anni, si trasferì con la famiglia a Firenze; proseguì allora gli studi iniziati a Pisa nel convento di S. Maria in Vallombrosa, dove fu inviato come novizio; da un padre vallombrosiano ricevette le prime nozioni di logica, insieme ad un'istruzione scolastica. Ritornato sui quindici anni a Firenze, fu avviato agli studi artistici della musica, del disegno e a quelli umanistico-letterari. Il 5 settembre 1581 fu iscritto nello studio di Pisa tra gli "scolari artisti" per frequentare le lezioni di medicina, come un suo antenato ed omonimo che, medico insigne, fu anche gonfaloniere di giustizia.
- 1584 Nell'estate del 1584, fu avviato agli studi di matematica da Ostilio de' Ricci da Fermo, che, allievo di Niccoló Tartaglia era matematico nella scuola granducale dei paggi; questi, amico del padre di Galilei, spiegò al giovane i primi rudimenti della matematica e lo introdusse allo studio di Euclide. L'interesse per la matematica distolse definitivamente il giovane dalla medicina, tanto che nel 1585 abbandonò, senza aver conseguito alcun titolo accademico, lo Studio pisano.
- 1586 In quello stesso anno, tuttavia, inizia lo studio dei più grandi matematici dell'antichità, e l'anno successivo pubblica *La Bilancetta* in cui riprende il metodo seguito da Archimede per la costruzione della bilancetta idrostatica.
- 1587 Del 1587 sono i *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum*, che gli consentiranno di entrare in relazione con i più autorevoli studiosi dell'epoca, il marchese Guidobaldo del Monte e il padre gesuita Cristoforo Clavio.
- 1588 Nel 1588 tiene all'Accademia fiorentina due lezioni *Circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*, in cui sostiene la tesi del Minetti, accolta poi dal Landino e criticata dal Vellutello.
- 1589 Nel 1589, dopo aver inutilmente tentato di essere chiamato presso lo Studio di Bologna, riuscirà ad ottenere, con l'appoggio di Guidobaldo del Monte, l'incarico triennale di lettore di matematica a Pisa. L'anno successivo compone il *De Motu* e compie ricerche sul centro di gravità dei corpi; temperamento decisamente antiaccademico, prende in giro le abitudini dei suoi colleghi nel capitolo bernesco *Contro il portar la toga*. A questo periodo risalgono le *Considerazioni sul tasso*.
- 1591 Intanto nell'estate del 1591 era morto il padre, lasciando sulle spalle del giovane Galileo la numerosa famiglia composta dalla madre, un fratello e tre sorelle: Michelangelo, Elena, Livia e Virginia. Questa era già sposata con Benedetto Landucci, ma Galileo si accollò l'obbligo di pagarle la dote. Anche per le difficoltà finanziarie in cui era venuto a trovarsi, accettò nel settembre del 1592 la cattedra di matematica presso lo Studio di Padova, dove si fermerà fino al 1610.

¹⁾ Classici della Scienza UTET - Opere di Galileo Galilei, Vol. I, a cura di Franz Brunetti, 1980.

- 1592 Mentre tiene le sue lezioni all'università, compone la *Breve Istruzione all'architettura militare e il Trattato di fortificazione*, oltre alle *Meccaniche*.
- 1594 È del 1594 il privilegio per l'*edifizio da alzar acqua et adacuar terreni*. Intanto, per far fronte alle difficoltà economiche, che erano sempre assillanti, dá lezioni private a giovani patrizi.
- 1597 Scrive il *Trattato della Sfera o Cosmografia*, in cui parla da tolemaico. di questo periodo é la costruzione del compasso geometrico-militare. Aveva intanto stretto relazione con una giovane veneziana, Marina Gamba, dalla quale avrà tre figli: Virginia, Livia e Vincenzo. Frequenta nel frattempo gli ambienti culturali di Venezia e stringe amicizia con illustri personaggi come il Sarpi, il Sagredo, il Cornare e il Contarini.
- 1604 Nel 1604, essendo apparsa nel cielo di Padova una stella, avvistata per prima da Baldassarre Capra e Simon Myr, Galilei vi tiene tre lezioni, molto applaudite. l'anno successivo viene chiamato a far parte dell' Accademia della Crusca; nell'estate, su richiesta della granduchessa Cristina di Lorena, tiene lezioni di matematica al giovane principe Cosimo.
- 1606 Dopo aver pubblicato nel 1606 *Le operazioni del compasso geometrico e militare*, deve affrontare l'anno successivo la causa da lui intentata contro il Capra, che aveva tentato di presentarsi come il primo inventore dello strumento: di qui la sua *Difesa contro alle calunnie et imposture di Baldessar Capra*.
- 1609 Avendo ricevuto nel 1609 notizie dall'Olanda circa uno strumento ottico col quale vedere le cose a distanza, ne costruisce uno per suo conto, che offre al Doge di Venezia Leonardo Doná il 24 Agosto. In compenso, viene confermato professore a vita mentre il suo stipendio viene elevato a mille fiorini l'anno.
- 1610 Rivolto il cannocchiale verso il cielo, nel gennaio del 1610 fa quelle mirabili scoperte (i satelliti di Giove) che, annunciate pubblicamente nel marzo successivo col *Sidereus nuncius*, gli fruttano la chiamata a Firenze da parte del Granduca Cosimo II (il suo allievo privato) come "*primario matematico e filosofo*" senza obbligo d'insegnamento. Continua intanto le sue investigazioni celesti e scopre le fasi di Venere, la natura tricorporea di Saturno e le macchie solari.
- 1611 Ben presto hanno inizio gli attacchi degli avversari: dopo a polemica sui galleggianti del 1611 che dá luogo al *Discorso intorno alle cose che stanno in sú l'acqua*, pubblicato nel 1612, deve affrontare la polemica con Cristoforo Scheiner sulle macchie solari.
- 1612-13 Il 2 Novembre del 1612 il padre domenicano Niccoló Lorini, predicando nella chiesa di S. Marco in Firenze, dichiara eretica la teoria copernicana. Nel 1613 Galileo scrive al Castelli la famosa lettera sulle relazioni fra scienza e religione, che mette in movimento una inchiesta riservata dal Sant'Uffizio.
- 1614 Nel dicembre del 1614 un altro domenicano, fra' Tommaso Caccini, predicando in S. Maria Novella in Firenze, rinnova gli attacchi alla scuola galileiana.
- 1615 Nel febbraio del 1615 fra' Lorini denuncia Galilei al Sant'Uffizio: si apre cosí la fase istruttoria dell'inchiesta, per la quale Galilei ritiene opportuno recarsi a Roma per esporre ad autorevoli prelati e a cardinali il suo pensiero. Molti sono gli incontri e dovunque festose le accoglienze: ciò lo illude sull'esito della vertenza.

1616 Sicuro di sé scrive, nel gennaio del 1616, sotto forma di lettera indirizzata al cardinale Alessandro Orsini il *Discorso del flusso e reflusso del mare* cui espone la dottrina che verrà ripresa poi nella quarta giornata del *Dialogo*. Ma intanto il 24 febbraio la teoria copernicana viene dichiarata stolta, assurda e formalmente eretica. Due giorni dopo il cardinale Bellarmino ammonisce Galilei a non tenere, insegnare e difendere né in pubblico né in privato la dottrina condannata; poco dopo la Congregazione dell'Indice proibisce le opere copernicane e le scritture relative.

Tornato a Firenze, riprende in riservato silenzio la sua attività di scienziato interessandosi di questioni di fisica. Ma la comparsa nel 1619 di tre comete apre la lunga polemica che porterá Galilei a polemizzare contro il padre gesuita Orazio Grassi (autore della *Libra astronomica ac philosophica*).

1623-24 Il *Saggiatore* sará pubblicato nel 1623 e dedicato al pontefice da poco eletto, Urbano VIII, che piú volte s'era mostrato amico di Galilei. Del 1624 é la *Risposta* a F. Ingoli. Deciso a riprendere la polemica cosmologica per far trionfare la teoria copernicana, Galilei inizia intanto la stesura del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, che, terminato nel 1630, affronta le lunghe vicende dell'*imprimatur*.

1632 Terminato alfine di stampare nel febbraio 1632, improvvisatore il padre Niccoló Riccardi che, come revisore, aveva già concesso l'autorizzazione alla stampa, ordina all'Inquisitore di Firenze di impedirne la diffusione. Nel settembre successivo viene intimato a Galilei di mettersi a disposizione del Sant'Uffizio, dinanzi al quale, dopo aver tentato invano di esserne esentato, si presenterá ufficialmente nell'aprile del 1633.

1633 Per le sue condizioni e per riguardo alla famiglia Medici gli viene dapprima concesso di restare presso l'ambasciatore di Toscana a Roma; poi, iniziati gli interrogatori, viene trattenuto nella sede del Sant'Uffizio, ma non nelle carceri. Interrogato, "confessa" i suoi errori, finché il 22 giugno viene emessa la sentenza che lo condanna al carcere formale, restando ad arbitrio dello stesso tribunale di stabilirne il termine e le condizioni; nello stesso giorno pronuncia l'abiura.

Ai primi di luglio gli viene assegnata come sede della sua detenzione la casa dello Arcivescovo di Siena, che era allora Ascanio Piccolomini, il quale lo accoglie molto benevolmente e lo tratta con ogni riguardo, tanto che una denuncia anonima al Sant'Uffizio provoca un nuovo trasferimento: questa volta nella sua villa di Arcetri, dove però non può ricevere nessuno senza autorizzazione, né scrivere nulla senza permesso.

Ha inizio così l'ultimo periodo della sua vita, che però gli allievi e gli amici d'ogni parte del mondo cercano di rendergli meno pesante. É così che fioriscono le varie iniziative per la stampa e la traduzione dei suoi scritti.

1638 Nel 1638 viene pubblicata a Leida presso gli Elzeviri l'ultima sua grande opera: I Discorsi intorno a due nuove scienze. Ma le amarezze, gli acciacchi e il dolore per la perdita della figlia Virginia che era suora nel convento di S. Matteo in Arcetri hanno duramente colpito il vecchio scienziato; gli ultimi anni della sua esistenza vedono attorno a lui Vincenzo Viviani ed Evangelista Torricelli, che lo aiutano nel suo lavoro.

1642 Ammalatosi ai primi di novembre del 1641, Galileo Galilei muore l'8 gennaio del 1642. Un anno dopo nasce Newton. Egli é sepolto nella Basilica di S. Croce in Firenze.

L'abiura di Galileo Galilei²⁾

Il mattino del 22 giugno 1633 i cardinali inquisitori e i testimoni si riunirono nel convento domenicano adiacente alla chiesa di Santa Maria Sopra Minerva, nel cuore della città. Galileo fu condotto al loro cospetto su per una scala a chiocciola, fino a una stanza dal soffitto affrescato, per apprendere il risultato delle loro deliberazioni.

Diciamo, pronunziamo, sentenziamo e dichiariamo che tu, Galileo sudetto, per le cose dedotte in processo e da te confessate come sopra, ti sei reso a questo Santo Ufficio 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; e conseguentemente sei incorso in tutte le censure e pene dai sacri canoni e altre costituzioni generali e particolari contro simili delinquenti imposte e promulgate. 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 qualunque altro errore e eresia contraria alla Cattolica e Apostolica Chiesa, nel modo e forma che da noi ti sarà data.

E acciocchè 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 pubblico editto sia proibito il libro de' Dialoghi di Galileo Galilei.

Ti condaniamo al carcere formale in questo Santo Ufficio ad arbitrio nostro; e per penitenze salutari t'imponiamo che per tre anni a venire dichi una volta la settimana li sette Salmi penitentiali: riservando a noi facoltà di moderare, mutare, o levar in tutto o parte, le sodette pene e penitenze.

E così diciamo, pronunziamo, sentenziamo, dichiariamo, ordiniamo e riservamo in questo e in ogni altro miglior modo e forma che di ragione potemo e dovemo.

Così ci pronunziamo noi Cardinali sottoscritti.

Il Sacro Tribunale consegnò a Galileo la bozza di un'abiura che lo studioso avrebbe dovuto leggere ad alta voce.

Indossando la tunica bianca dei penitenti l'accusato si inginocchiò e abiurò come gli era stato ordinato.

Io Galileo, figliolo del quondam Vincenzo Galileo di Fiorenza, dell'età mia d'anni 70, costituito personalmente in giudizio, et inginocchiato avanti di voi Eminentissimi e Reverendissimi Cardinali, in tutta la Republica Cristiana contro l'eretica pravità generali Inquisitori; avendo davanti gl'occhi miei li sacrosanti Vangeli, quali tocco con le proprie mani, giuro che sempre ho creduto, credo adesso, e con l'aiuto di Dio crederò per l'avvenire, tutto quello che tiene, predica et insegna la Santa Cattolica et Apostolica Chiesa. Ma perchè da questo Santo Ufficio, per aver io, dopo d'essermi stato con precetto dall'istesso giuridicamente intimato che omninamente dovessi lasciar la falsa opinione che il sole sia centro del mondo e che non si muova e che la terra non sia centro del mondo e che si muova, e che non potessi tenere, difendere né insegnare in qualsivoglia modo, né in

²⁾ Dava Sobel: La figlia di Galileo - BUR, 2012, pag.284, e molti siti web sull'argomento.

voce né in scritto, la detta falsa dottrina, e dopo d'essermi notificato che detta dottrina è contraria alla Sacra Scrittura, scritto e dato alle stampe un libro nel quale tratto l'istessa dottrina già dannata e apporto ragioni con molta efficacia a favor di essa, senza apportar alcuna soluzione, sono stato giudicato veementemente sospetto d'eresia, cioè d'aver tenuto e creduto che il sole sia centro del mondo e immobile e che la terra non sia centro e che si muova;

Pertanto, volendo io levar dalla mente delle Eminenze Vostre e d'ogni fedel Cristiano questa veemente sospizione, giustamente di me conceputa, con cuor sincero e fede non finta abiuro, maledico e detesto li sudetti errori e eresie, e generalmente ogni e qualunque altro errore, eresia e setta contraria alla Santa Chiesa; e giuro che per l'avvenire non dirò mai più né asserirò, in voce o in scritto, cose tali per le quali si possa aver di me simile sospizione; ma se conoscerò alcun eretico o che sia sospetto d'eresia, lo denonzierò a questo Santo Offizio, o vero all'Inquisitore o Ordinario del luogo dove mi trovarò.

Giuro anco e prometto d'adempire e osservare intieramente tutte le penitenze che mi sono state o mi saranno da questo Santo Offizio imposte; e contravenendo ad alcuna delle dette mie promesse e giuramenti, il che Dio non voglia, mi sottometto a tutte le pene e castighi che sono da' sacri canoni e altre costituzioni generali e particolari contro simili delinquenti imposte e promulgate. Così Dio m'aiuti e questi suoi santi Vangeli, che tocco con le proprie mani.

Io Galileo Galilei sodetto ho abiurato, giurato, promesso e mi sono obbligato come sopra; e in fede del vero, di mia propria mano ho sottoscritta la presente cedola di mia abiurazione e recitatata di parola in parola, in Roma, nel convento della Minerva, questo dì 22 giugno 1633.

Io Galileo Galilei ho abiurato come di sopra, mano propria.

Versi della Sacra Bibbia sul "moto del Sole"³⁾

- 12 - Allora si fu che Giosuè parlò al Signore nel giorno in cui egli abbandonò gli Amorrei al potere de' figliuoli d'Israele, e disse alla loro presenza: **Sole, non ti muovere di sopra Gabaon; luna, non muoverti di sopra la valle di Aialon.**
- 13 - *E si fermarono il sole e la luna fintanto che il popolo facesse vendetta de suoi nemici. Questa cosa non è ella scritta nel libro dei giusti? **Stette adunque fermo il sole nel mezzo del cielo e non si affrettò a tramontare per lo spazio di un giorno.***
- 14 - *Non fu mai né prima né dopo giornata sì lunga, obbedendo il Signore alla voce di un uomo e pugnando in favor d'Israele.*
- 15 - *E se ne tornò Giosuè con tutto Israele agli alloggiamenti di Galgala.*

³⁾ La Sacra Bibbia, Libro di Giosuè, capo del popolo di Dio - Capo X, versetti 12÷15.

I2 - Breve Biografia di Isaac Newton¹⁾²⁾

- 1642 Isaac Newton nacque a Woolsthorpe, un paesino del Lincolnshire, a sud di Grantham (a circa 160 km a nord di Londra), il 25 Dicembre 1642,⁴⁾ un anno circa dopo la morte di Galileo. Il padre di Newton morí prima della nascita del suo celebre figlio. All'età di tre anni, essendosi la madre risposata ed avendo seguito il marito in una nuova sede, fu affidato alle cure della nonna. Successivamente, secondo la consuetudine del paese, frequentó i seminari di Skillington e di Stoke.
- 1655 Compiuti i dodici anni, fu inviato alla Scuola pubblica di Grantham, a pensione presso il farmacista della città. Secondo le informazioni tramandateci da John Conduitt, nipote di Newton, questi fu, nei primi tempi, uno scolaro distratto e poco applicato. Ben presto, però, gli studi riuscirono a conquistarlo e pare che proprio nella scuola di Grantham abbia sviluppato quelle capacità di concentrazione e di applicazione che ne caratterizzarono il resto della vita. Del Newton di questi anni si parla come di un ragazzo schivo che non ama partecipare ai normali giuochi dei compagni di scuola, ma é curioso di ogni sorta di meccanismo che riproduce o migliora, oppure, addirittura, é capace di realizzare qualche suo progetto originale. Costruí un mulino a vento, un orologio ad acqua, e "un veicolo a quattro ruote, messo in movimento da un manubrio azionato dalla persona che vi stava sopra", ma sembra che potesse essere usato soltanto sul pavimento liscio di una camera, e non fosse in condizione di superare i dislivelli di una strada.
- 1657 All'età di 15 anni fu chiamato a Woolsthorpe dalla madre rimasta nuovamente vedova con altri tre figli, per occuparsi degli interessi familiari ossia al lavoro dei campi. Per questa attività manifestó scarse tendenze.
- 1660-61 Viene rinviato a Grandham al fine di completare gli studi ed essere ammesso alla Università di Cambridge. Ciò che avviene nel gennaio del 1661. Negli anni successivi compie le letture matematiche fondamentali per la sua preparazione scientifica.
- 1664 Prime osservazioni sugli aloni della luna.
- 1665 Consegue il titolo di baklaureate. Di quest'anno é anche il primo articolo sul metodo delle flussioni (calcolo infinitesimale).
- 1666 Nel marzo di quest'anno si dedica alla molatura di lenti tentando di conferire loro una figura non sferica. Scopre la diversa rifrangibilità dei raggi di luce. Ha la prima idea del telescopio a riflessione. Ma l'epidemia di peste scoppiata a Londra e diffusasi per tutto il paese, lo costringe, per quasi tre anni, ad abbandonare Cambridge rifugiandosi a Woolsthorpe. A questi anni della peste vengono fatte risalire le piú importanti scoperte scientifiche di Newton: perfezionamento della note delle flussioni, teorema

¹⁾ Classici della Scienza UTET - Principi Matematici della Filosofia Naturale, Vol. I a cura di Alberto Pala, 1989.

²⁾ Piergiorgio Odifreddi: Sulle spalle di un gigante - Longanesi, 2014.

⁴⁾ data secondo il calendario Giuliano a quel tempo vigente in Inghilterra; secondo il calendario Gregoriano a quel tempo già adottato nei paesi cattolici e oggi in vigore, Isaac Newton é nato invece il 4 gennaio 1643 e morto il 31 marzo 1727.

del binomio, scoperta dell'ineguale rifrangibilità dei raggi di luce, prima intuizione della gravitazione.

- 1668 Costruisce il primo telescopio a riflessione.
- 1669 Diviene professore lucasiano della cattedra di matematica e inizia le *Lectiones Opticae*.
- 1670-71 In questi anni intrattiene attraverso Barrow una nutrita corrispondenza con J. Collins su vari argomenti matematici e sull'algebra di Kinkhuysen, che egli tradurrà. Verso la fine del '71 verrà proposta la sua candidatura alla Royal Society.
- 1672 L'11 gennaio viene eletto membro della Royal Society. In questa occasione si discute del suo telescopio a riflessione e gli si assicurano tutti i diritti sull'invenzione. Il 6 febbraio presenta sempre alla Royal Society la memoria fondamentale intitolata *Nuova teoria intorno alla luce e ai colori*.
- 1672-74 Per il resto del '72 fino ad oltre la metà del '74 Newton viene impegnato in una controversia scientifica sul telescopio a riflessione e sulla nuova teoria intorno ai colori. Le risposte alle obiezioni mossegli assorbiranno la massima parte del suo tempo.
- 1675 Si ha notizia dei suoi studi di chimica attraverso una lettera di Collins a James Gregory. Di questi interessi di Newton per la chimica abbiamo notizia per la prima volta da una lettera ad Oldenburg datata 29 gennaio 1672. In essa Newton rende note le proporzioni di arsenico e di bronzo necessarie per ottenere specchi adatti ai telescopi. Nell'aprile ottiene una patente che concede al professore lucasiano di conservare gli emolumenti senza essere obbligato ad entrare a far parte degli ordini ecclesiastici. In dicembre invia alla Royal Society una nuova importante memoria sulla luce e sui colori intitolata "*Ipotesi*".
- 1676 Nel giugno e nell'ottobre invia a Leibniz, tramite Oldenburg, due lettere circa il metodo delle flussioni. Tali lettere furono raccolte in seguito, al tempo della contesa tra Newton e Leibniz, nel *Commercium Epistolicum* e sono note come *Epistola prior* ed *Epistola posterior*. Si occupa di esperimenti sull'elettricità, i cui risultati comunicherà alla Royal Society; contemporaneamente è costretto a difendersi dai rinnovati attacchi dei suoi avversari scientifici sulla nuova memoria concernente la luce e i colori.
- 1677-86 Le notizie sull'attività di Newton durante questi anni sono estremamente scarse. Possiamo congetturare che stesse preparando il passaggio dagli interessi puramente ottici a quelli matematico-meccanici, e in pari tempo raccogliesse il materiale per le letture nella Michaelmas Term: letture da cui poi scelse i materiali per i *Principia*. Dal suo note.book sappiamo che, durante questi anni aveva portato avanti gli studi di chimica, che aveva avuto una discussione epistolare con Boyle sulle qualità fisiche dei corpi, che aveva determinato la curva descritta da un corpo sotto l'azione di una forza centrale e aveva applicato questo teorema al caso di un'ellisse, che era in corrispondenza con Flamsteed sulla cometa del 1680 e sulle maree finché nel novembre dell'84 inviava ad Halley "*la legge dei moti celesti*". I due anni successivi sono dedicati alla composizione dei "*Principia*".
- 1687 Nell'estate vengono pubblicati i "*Philosophiae Naturalis Principia mathematica*".
- 1689 Viene eletto rappresentante dell'Università di Cambridge al Parlamento. A Londra si incontra con Locke e nell'estate conosce, alla Royal society, Christian Huygens.

- 1692 Scrive alcune lettere al matematico Wallis illustrandogli il metodo delle flussioni e dei fluenti. Prima lettera a Bentley sui *Principia* che questi intendeva utilizzare per dimostrare l'esistenza di Dio.
- 1693 Prosegue la sua corrispondenza con Bentley. Nel settembre viene colpito da una grave forma di esaurimento nervoso che gli durerà circa un anno.
- 1695 Verso la fine dell'anno viene nominato ispettore della Zecca. Questo incarico gli porterà via la maggior parte del tempo dei tre successivi anni. Porterà a termine il compito di riconiare le monete nel 1699, e in questa occasione verrà nominato direttore.
- 1697 Trova la soluzione di due problemi proposti da Johann Bernoulli ai matematici europei.
- 1699 Viene eletto socio straniero della Reale Accademia Francese delle scienze.
- 1701 Rassegna le dimissioni dal suo incarico di professore e contemporaneamente rinuncia agli emolumenti di "fellow".
- 1703 Nel novembre viene eletto presidente della Royal Society, carica che gli verrà rinnovata fino alla morte.
- 1704 Pubblicazione dell'*Opticks*.
- 1705 Ha inizio la disputa con Leibniz sulla priorità circa la scoperta del calcolo infinitesimale, a causa di alcune espressioni equivoche sul suo *De Quadratura curvarum* apparse sulla rivista diretta da Leibniz. Nel marzo viene nominato Sir dalla regina Anna.
- 1706 Edizione latina dell'*Opticks*, a cura di Samuel Clarke.
- 1709 Inizio della sua corrispondenza con Roger Cotes relativa alla seconda edizione dei *Principia*. Questa corrispondenza durerà fino al marzo del 1713.
- 1712 Pubblicazione del *Commercium Epistolicum*, in cui si espongono i termini della sua controversia con Leibniz.
- 1713 Seconda edizione dei *Principia*.
- 1714 Insieme John Keill continua ad essere impegnato nella polemica contro Leibniz. Questa polemica continuerà fino al '16, anno della morte di Leibniz, sia direttamente sia indirettamente attraverso i menzionati Keill e Clarke.
- 1718 Seconda edizione dell'*Optiks*. La terza edizione, sempre curata da Newton, uscirà nel 1721.
- 1722 Viene colpito da un attacco di calcoli renali.
- 1726 Terza edizione dei *Principia*.
- 1727 Il 20 Marzo, fra l'una e le due antimeridiane, Newton muore a Kensington, Londra, all'età di 84 anni. Egli fu sepolto nell'Abbazia di Westminster.

I3.1 - Brevi Nozioni sulla Storia dell'Astronomia¹⁾

L'Astronomia é la piú sublime delle Scienze. L'Astronomia antica si limitava alle osservazioni del sorgere e del tramonto delle principali stelle, e delle eclissi della Luna e del Sole. Il corso del sole fu seguito sulla volta celeste per mezzo delle stelle visibili immediatamente dopo il tramonto, o prima della sua ascesa, e dalle variazioni delle sfumature meridiane degli gnomoni. I movimenti dei pianeti sono stati determinati dalle stelle da cui si sono avvicinati nel loro corso.

Per riconoscere piú facilmente tutti questi movimenti, si é diviso il cielo in costellazioni, e lo zodiaco in dodici segni.

Le osservazioni piú antiche provengono dai Cinesi: piú di duemila anni prima della nostra era, l'Astronomia era coltivata in Cina, considerata come base delle cerimonie religiose. Si ebbe creato un tribunale di matematici per stabilire il calendario e annunciare le eclissi.

In ordine cronologico, i Caldei ²⁾ vengono dopo i Cinesi. Tolomeo ci ha trasmesso tre eclissi di luna osservati negli anni 719 e 720 a.C. I Caldei avevano scoperto i *saros*³⁾ questo periodo di 223 mesi lunari che riporta la luna nella stessa posizione in relazione ai suoi nodi, al suo perigeo e al sole; cosí le eclissi osservate in un periodo si ripresentano nello stesso ordine durante i periodi seguenti, che ha dato i mezzi per prevederli.

Abbiamo poche informazioni sull'astronomia degli Egiziani; l'orientamento delle loro piramidi e dei loro templi mostra che essi avevano delle serie conoscenze. Inoltre, la reputazione dei sacerdoti aveva attratto i primi filosofi della Grecia. Talete, Pitagora e Platone andarono a trarre da loro le conoscenze che riportarono nei loro paesi.

Pitagora insegnava i due movimenti della Terra attorno al proprio asse e attorno al Sole. I suoi discepoli ed i suoi successori credevano che i pianeti fossero abitati, che le stelle sono dei Soli disseminati nello spazio e sono i centri di tanti sistemi planetari. Queste elevate visioni filosofiche erano accompagnate da opinioni sistematiche sull'armonia delle sfere, e inoltre mancavano prove; la loro veritá é stata completamente ignorata.

I3.2 - Fondazione della Scuola di Alessandria

Dopo la morte di Alessandro, il suo impero fu diviso fra i suoi principali capitani: **Tolomeo Sotere** (367/366 a.C. 282 a.C.), noto anche come Tolomeo Lagide e chiamato

¹⁾ F. Tisserand et H. Andoyer: *Leçons de Cosmographie*, Sixième Édition, Librairie Armand Colin, Paris, 1912 - Livre VII - Notions sur l'histoire de l'Astronomie, pag. 237.

²⁾ Enciclopedia Treccani: Società aramaiche dell'Asia anteriore, forse originarie dalla Arabia orientale, che verso l'11^o sec. a.C. entrarono da S nella Mesopotamia, stanziandosi tra la Babilonia e il Golfo Persico. Negli scrittori classici e nella terminologia scientifica fino alla metà circa del 19^o sec. il nome fu usato per indicare i Babilonesi in genere, cosí come Caldea fu usato come sinonimo di Babilonia.

³⁾ Enciclopedia Treccani: *sáros* s. m. [dal gr. *σαλῆραρος* o *σαρὸς*, voce di origine orientale]. Periodo (di circa 18 anni e 11 giorni) di ricorrenza delle eclissi, occorrente perché la Luna torni nella stessa posizione rispetto al Sole e alla Terra (in posizione cioè di opposizione o congiunzione con il Sole) e contemporaneamente si trovi in prossimitá del piano delleclittica, vicina (a meno di 33) a uno dei nodi della sua orbita.

nella storiografia moderna Tolomeo I o semplicemente Tolomeo, é stato un militare, sovrano e scrittore macedone antico. Inizió la carriera militare sotto il comando di Alessandro Magno, suo amico d'infanzia, e diventó uno dei Somatophylakes, le guardie del corpo del sovrano. Alla morte dell'imperatore e nel corso delle Guerre dei diadochi, si proclamó re d'Egitto nel 305 a.C. e, riuscendo a mantenere il controllo del territorio nord-africano diede inizio al periodo ellenistico egizio fondando la dinastia tolemaica, che regnó fino al 30 a.C. con Cleopatra. Durante il suo regno la nuova capitale egizia, Alessandria si sviluppó molto in campo culturale e artistico, con l'avvio della costruzione della famosa Biblioteca e del Museo, la diffusione del culto di Serapide e la costruzione di una delle sette meraviglie del mondo, il Faro. Egli seppe attirare in Alessandria, la sua capitale, un gran numero di studiosi dalla Grecia; cosí fu fondata la Scuola di Alessandria, che possedeva un osservatorio ed una ricca biblioteca. Uno di questi studiosi **Aristarco di Samo** (Samo, 310 a.C. circa - 230 a.C. circa) provó a misurare la distanza della Terra, e la trovó venti volte piú grande di quella della Luna. Un altro, **Eratostene**, diede la prima misura della grandezza della Terra, ma espressa in unitá di cui il valore non é potuto essere fissato con precisione.

Ipparco di Nicea - Il piú celebre di questi astronomi fu Ipparco che visse nel secondo secolo a.C. Egli determinó un valore assai preciso dell'anno tropico e riconobbe la diseguglianza delle stagioni. Una nuova stella, apparsa ai suoi tempi, gli fece intraprendere un catalogo generale di stelle, per mettere i suoi successori in grado di conoscere i cambiamenti che sarebbero stati fatti nel cielo, e anche per arrivare a osservazioni piú precise della luna e dei pianeti. Egli poté raccogliere i frutti di questo grande lavoro scoprendo l'importante fenomeno della precessione degli equinozi. É a lui che dobbiamo il modo di fissare le posizioni dei luoghi sulla terra, secondo la loro latitudine e la loro longitudine, per il quale ha usato per la prima volta le eclissi della luna. Infine, ha inventato o perfezionato la trigonometria sferica.

Tolemeo⁴⁾ - Le diverse opere composte da Ipparco sono sfortunatamente andate perdute e noi non conosciamo i suoi lavori che dall'*Almagesto* di Tolomeo, libro fondamentale che riassume lo stato dell'Astronomia all'epoca in cui esso fu composto verso l'anno 130 d.C. Si deve a Tolomeo la scoperta delle principali irregolaritá del movimento della luna.

13.3 - Sistema Tolemaico

Gli antichi consideravano il moto circolare e uniforme come il piú perfetto, ed essere la base del moto dei pianeti. Tolomeo adottó questa idea ossia **quella che consisteva nel mettere la Terra al centro di tutti i moti dei corpi celesti**, e cercó di spiegare le irregolaritá di questi movimenti conformandosi alle due ipotesi precedenti. Il moto circolare semplice non può ovviamente essere sufficiente, egli ricorse alla combinazione di tali moti,

⁴⁾ Claudio Tolomeo o Tolemeo (in latino Claudius Ptolemaeus): (Pelusio, cittá dell'antico Egitto situata nella parte piú orientale del Delta del Nilo, 100 d.C. circa - Alessandria d'Egitto, 175 d.C. circa) é stato un astrologo, astronomo e geografo greco antico di epoca imperiale, di lingua e cultura ellenistica, che visse e lavoró ad Alessandria d'Egitto, allora nella Prefettura d'Egitto dell'Impero Romano. Considerato uno dei padri della geografia, fu autore di importanti opere scientifiche, la principale delle quali il trattato astronomico noto come *Almagesto*.

e realizzò questa combinazione con la teoria degli epicicli. Spieghiamo i punti principali del sistema Tolemaico.

Supponiamo tutte le orbite giacenti sullo stesso piano.

Attorno al centro immobile **T** della Terra, il Sole **S** e la luna **L** descriventi uniformemente circonferenze aventi i loro centri in **T**, nei tempi eguali all'anno siderale e al mese siderale.

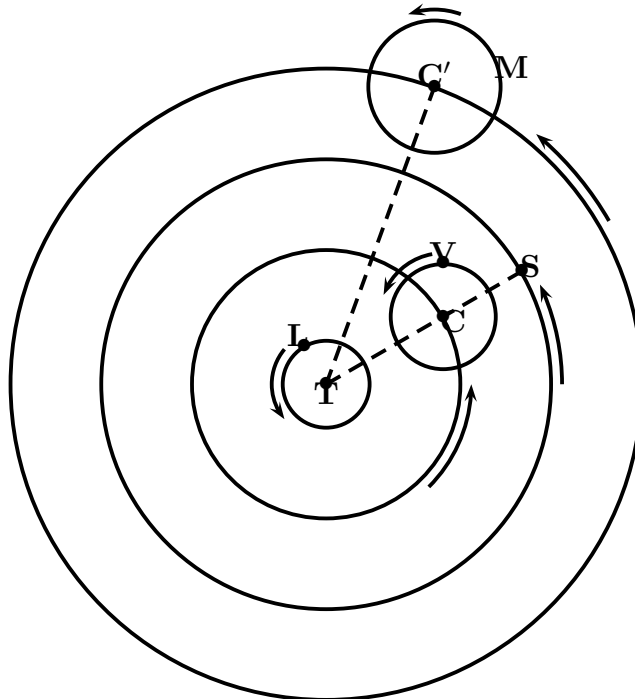


fig.I3.2-1

Consideriamo ora un pianeta inferiore, Venere per esempio. Immaginiamo un punto **C** descrivendo con moto uniforme una circonferenza avente il suo centro in **T** trovandosi sempre sul raggio **TS**. Da **C** come centro, descriviamo una circonferenza sulla quale un punto **V** si muoverà uniformemente in modo tale che il raggio **CV** ruota, relativamente ad una direzione fissa passante per **C**, in un tempo eguale alla durata **T** (225 giorni) della rivoluzione di Venere. Il punto mobile **V** rappresentava per Tolomeo il pianeta Venere nelle sue diverse posizioni. Si vede che la durata della rivoluzione del punto **C** sul suo cerchio era eguale all'anno siderale. Vi era una figura eguale per Mercurio, ma non la tracciamo per semplificare.

Prendiamo in considerazione ora un pianeta superiore, Marte per esempio.

Tolomeo considera un punto **C'** che egli fa muovere uniformemente sul cerchio **TC'** avente il suo centro in **T**, in modo che una rivoluzione si compia in un tempo eguale alla durata **T** della rivoluzione (1 anno e 222 giorni); poi un secondo mobile **M** che si muove su un cerchio di raggio **C'M**, avente come centro il punto **C'**. La legge di questo moto è definita dalla condizione che in ogni istante la retta **C'M** sia parallela a **TS**; dunque il punto **M** descriverà il suo cerchio in un anno siderale. Si avranno due costruzioni identiche per Giove e Saturno, e l'insieme rappresenta il **Sistema Tolemaico**. Si potrebbe dare ai cerchi **CV**, **C'M**, una piccola inclinazione sul piano degli altri cerchi per rappresentare le irregolarità del movimento in latitudine dei pianeti viste da Terra. Tolomeo trovò che, determinando appropriatamente i raggi dei vari cerchi, i movimenti dei pianeti, osservati

dalla Terra, erano abbastanza ben rappresentati. Il sistema tolemaico é sussistito durante quattordici secoli.

Con i lavori di Tolomeo terminó il progresso dell'Astronomia nella Scuola di Alessandria, benché questa Scuola é sussistita per diversi secoli ancora. Per piú di 600 anni, nessun astronomo di qualche valore ha osservato fenomeni celesti. Roma, in particolare, non fece nulla per le Scienze. Per trovare l'Astronomia coltivata, bisogna passare presso gli Arabi. Uno dei loro califfi, Almamon, che regnó a Bagdad verso l'anno 864, fece tradurre l'Almagesto di Tolomeo, e diffuse cosí fra gli Arabi le conoscenze della Scuola di Alessandria.

I3.4 - Copernico ⁵⁾

Colpito dalle complicazioni del sistema Tolomeo, Copernico cercó nei filosofi antichi una concezione piú semplice dell'Universo. Egli ha letto in Aristotele e Plutarco, che i Pitagorici facevano muovere la Terra e i pianeti attorno al Sole che essi ponevano al centro del Mondo, e che essi ammettevano anche il movimento di rotazione della Terra attorno al proprio asse. Egli sottomise queste idee al controllo delle osservazioni, ed ebbe la soddisfazione di vedere che esse rendevano conto dei fenomeni con una semplicitá meravigliosa.

La metà dei cerchi immaginati da Tolomeo per spiegare i moti dei pianeti scomparve per sempre. Nello stesso tempo Copernico determinó le dimensioni delle orbite dei pianeti, sconosciuti fino ad allora. Il movimento diurno di tutte le stelle non era altro che un'illusione dovuta al movimento di rotazione della Terra, e al posto di essere obbligati ad imprimere all'insieme delle stelle un movimento comune attorno all'asse dell'eclittica, per spiegare la precessione degli equinozi, fu sufficiente di attribuire un movimento conveniente all'asse della Terra. Copernico pubblicó il suo sistema nella sua opera *Revolutions céleste*, comparsa nello stesso anno della sua morte.

I3.5 - Transizione dal sistema di Tolomeo a quello di Copernico.

Entrambi i sistemi spiegano con lo stesso grado di precisione i movimenti osservati; lo dimostreremo. Consideriamo prima un pianeta inferiore, Venere. Prendiamo di nuovo i due cerchi di Tolomeo, di raggio tC e CV (fig.I3.5-1); il raggio tC passa attraverso il Sole S ; conduciamo dal punto S la parallela a CV ; essa incontrerá il prolungamento di tV nel punto V_1 , e si potranno sostituire i cerchi precedenti con dei nuovi cerchi di raggi tS e SV_1 , i loro centri essendo in t e in S ; il posto di Venere, invece di essere in V sará in V_1 ; questi due luoghi saranno visti dalla terra t nella stessa direzione. L'angolo V_1SA essendo eguale all'angolo VCS , il punto V_1 descriverá il suo cerchio nello stesso tempo T del punto V . Si avrá d'altra parte:

$$\frac{tS}{V_1S} = \frac{tC}{VC}, \quad (I3.5.1)$$

in modo che il rapporto fra i raggi dei due nuovi cerchi sará eguale al rapporto dei raggi

⁵⁾ Niccoló Copernico, dal latino Nicolaus Copernicus, italianizzazione di Mikolaj Kopernik (Torun, Polonia, 19 febbraio 1473 - Frombork, Polonia, 24 maggio 1543), astronomo e astrologo polacco, famoso per aver portato all'affermazione la teoria eliocentrica.

dei primi cerchi.

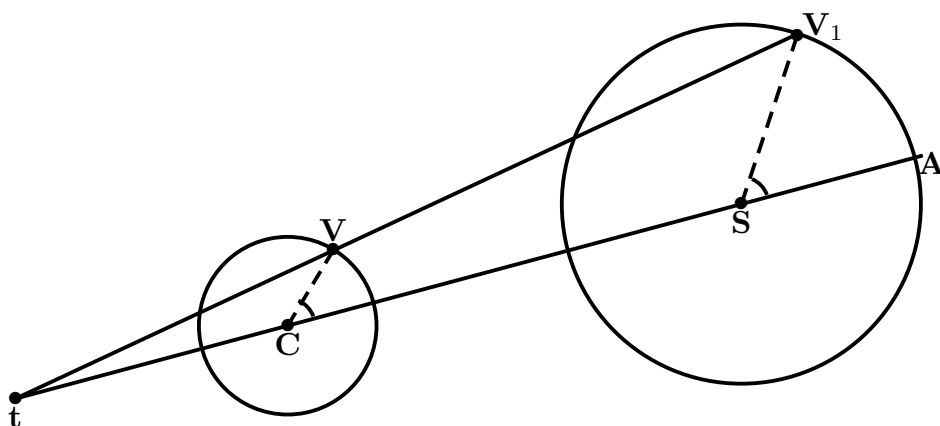


fig.13.5-1

Veniamo ora al caso di un pianeta superiore, Marte.

Siano (fig.I3.5-2) tC' e $C'M$ i raggi dei due cerchi di Tolomeo. $C'M$ essendo parallelo a tS . Conduciamo da S la parallela a tC' , che incontra il prolungamento di TM nel punto M_1 . I due triangoli $tC'M$ e tSM_1 saranno simili come avere i loro lati paralleli, e avremo:

$$\frac{SM_1}{St} = \frac{C't}{C'M'} \quad (I3.5.2)$$

che prova che SM_1 sarà costante. Si potrà supporre Marte in M_1 al posto di essere in M ; questi due punti saranno visti dalla terra t nella stessa direzione. Ma si vede che Marte descrive allora un cerchio di raggio SM_1 , avente il sole per centro. Il raggio SM_1 girerà attorno al punto S secondo la stessa legge del raggio R'' , attorno al punto t , poiché questi raggi sono paralleli. La formula (I3.4.2) mostra che il rapporto fra i raggi tS e SM_1 dei nuovi cerchi è eguale al rapporto dei raggi dei cerchi originali.

Tolomeo, modificando le grandezze assolute dei raggi dei due cerchi che egli considerava per ciascun pianeta, senza alterare i loro rapporti, avrà dunque potuto supporre che:

I pianeti, inferiori e superiori, descriventi uniformemente dei cerchi aventi i loro

centri comuni nel sole, il sole descrivente lui stesso un cerchio attorno alla terra.

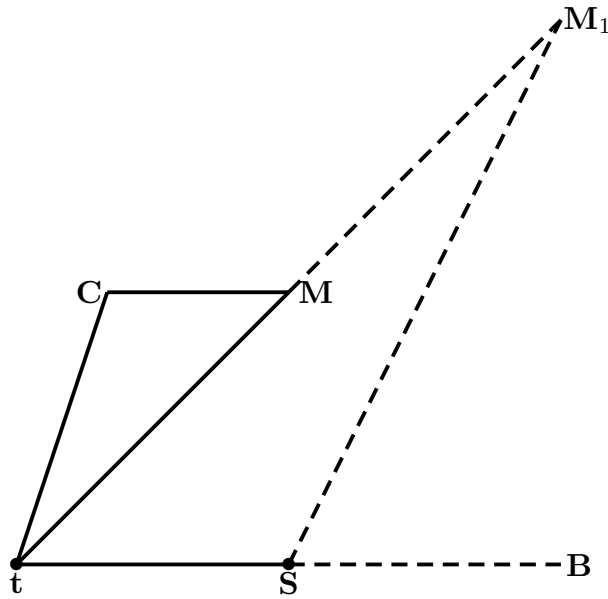


fig.I3.5-2

Per arrivare al sistema di Copernico, non c'è più alcuna attrazione per andare oltre, mostrando che la rappresentazione delle osservazioni è la stessa se supponiamo che il sole sia fisso, e che lo facciamo descrivere alla terra, un movimento uniforme, un cerchio attorno al sole; perché, allora, tutti i pianeti, compresa la terra, descrivendo uniformemente dei cerchi attorno al sole, e si avrà il sistema di Copernico.

Siano (fig.I3.5-3) **t** la terra supposta fissa, **S** e **S'** a due epoche **O** e **O'**, **V** e **V'** le posizioni corrispondenti di Venere nel sistema di Ptolomeo; si avrà:

$$tS = tS', \quad SV = s'V'. \quad (I3.5.3)$$

Venere sarà visto nei due casi secondo le direzioni **tV** e **TV'**. Conduciamo le rette **tt'** e **V'V''** eguali e parallele a **S'S**; i quadrilateri **tS'St'**, **tV'V''t'** e **V'S'SV''** saranno dei parallelogramma, e le rette **t'S** e **tS'** saranno eguali e paralleli, cosicché le rette **t'V''** e **tV'**, e così **SV''** e **S'V'**. Ciò detto, supponiamo che il sole resta fisso in **S** e che alla seconda epoca **O'** la terra sia arrivata in **t'** e Venere in **V''**. Le eguaglianze:

$$tS = tS' = St', \quad SV = S'V' = SV'', \quad (I3.5.4)$$

mostrano che, quando si farà variare il tempo **O'**, il punto **t'** descriverà un cerchio di centro **S** e di raggio **St**. Allo stesso modo, il punto **V''** descriverà un cerchio di centro **S** e di raggio **SV**. Dunque la Terra e Venere descriveranno dei cerchi aventi il Sole per centro, e il luogo di Venere nel cielo sarà lo stesso, poiché le rette **t'V''** e **tV'** sono parallele; l'eguaglianza degli angoli **tSt'**, **StS'** e l'eguaglianza dell'angolo **VSV''** e dell'angolo fra le direzioni **SV** e **S'V'** provano che il movimento della Terra e di Venere sono uniformi. si vede che noi siamo

arrivati così al sistema di Copernico, e che questo sistema rappresenta le osservazioni così bene, ma non meglio di Tolomeo; ma con quale semplicità!

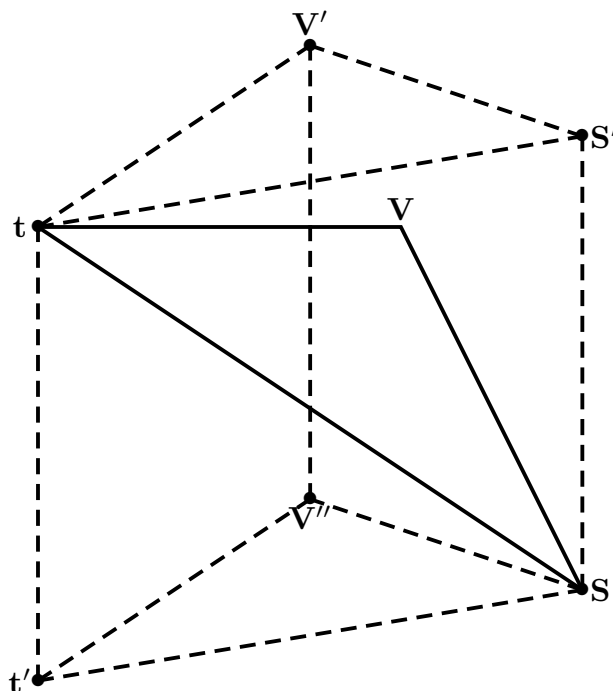


fig.I3.5-3

I3.6 - Ticho Brahe⁶⁾

Ticho Brahe é uno dei piú grandi osservatori che siano mai esistiti. Federico II, re di Danimarca, gli donó la piccola isola di Hven, una piccola isola situata nello stretto di mare che separa la Danimarca dalla Svezia, dove egli fece costruire il celebre osservatorio d'Uranibourg; per venti anni, Ticho vi fece un numero prodigioso di osservazioni di stelle, di comete, ma soprattutto di pianeti; sono queste ultime che, grazie alla loro precisione, hanno permesso a Keplero di trovare le sue leggi. Caduto in disgrazia alla morte di Federico, Tycho lascia la sua patria e si ritira a Praga dove egli ebbe Keplero come allievo per qualche anno. Le osservazioni di Ticho Brahe erano fatte ad occhio nudo, i cannocchiali non erano ancora stati inventati.

I3.7 - Galileo Galilei (1564 - 1642)

Numerose obiezioni furono fatte al sistema Copernicano; alcune in nome di pregiudizi e della ripugnanza che si provava a vedere discendere la Terra dal suo posto assegnato al centro del Mondo e diventare un semplice pianeta; altre obiezioni erano piú scientifiche. Si diceva a Copernico: "Ma se Venere ruota attorno al Sole, essa deve avere delle fasi come la luna; nessuno le vede."

⁶⁾ Ticho Brahe: 14 Dicembre 1546, castello di Knutstorp, Svezia (allora Danimarca) - 24 Ottobre 1601, Praga.

”Si, rispondeva Copernico: Venere deve avere delle fasi, e si distingueranno se si trovasse un mezzo per aumentare la potenza della visione”.

Ora, questo mezzo fu realizzato con l’invenzione del cannocchiale, e Galileo dirigendo nel 1610 il primo cannocchiale nel cielo, osservó immediatamente le fasi di Venere, appor-tando cosí una conferma eclatante alle predizioni ed al sistema Copernicano.

Si ebbe anche molta ripugnanza nell’ammettere il movimento rotatorio della terra su se stessa, questo movimento non é manifestato da alcuna impressione diretta e puó essere visto solo in qualche modo dagli occhi della mente, che giudicano la grande semplicitá portata da questo movimento nella spiegazione dei fenomeni osservati. Ora, Galileo osserva con il suo cannocchiale delle macchie sul Sole: Egli li vede spostarsi sul disco, sparire a occidente, e ritornare dall’altro lato del disco dopo circa 14 giorni. Evidentemente il Sole gira su se stesso; perché non sarebbe lo stesso con la terra, il cui globo é considerevolmente piú piccolo? Cosí sparisce la seconda delle obiezioni fatte a Copernico.

Una terza obiezione sembrava assai seria: il sistema Copernicano, molto piú semplice di quello tolemaico per i pianeti, era al contrario piú complesso per la luna che la Terra deve trascinare con sé nel suo movimento annuale attorno al Sole, nello stesso tempo che la luna effettua il suo moto intorno alla Terra come se quest’ultima fosse stata fissa. Ora, Galileo scopre nel 1610 le quattro lune di Giove, e vede le loro orbite legate con il pianeta nel suo movimento intorno al sole; di colpo la luna perde la sua importanza e diventa un satellite della Terra con i satelliti di Giove; l’obiezione é dissipata.

I3.8 - Keplero (1571 - 1630)

Nel sistema di Copernico, i pianeti descrivono approssimativamente dei cerchi aventi il sole nel centro; ma é una approssimazione insufficiente. Tuttavia non ci consente ancora a rinunciare al moto circolare e uniforme; si supponga che un pianeta, Marte per esempio, rappresentato dalla lettera **M** nella figura (I3.7-1) descrive un cerchio, avente il suo centro in **C**, vicino al Sole **S**. Si prolunghi **SC** di una quantitá **CO=SC**, e si ammetta che il punto che il punto **M** si muova sul cerchio in modo che l’angolo **AOM** vari proporzionalmente al tempo. Questa ipotesi rendeva conto del moto di Marte, come le dava le osservazioni di Tolomeo.

Keplero intraprese a confrontarlo con le osservazioni di Ticho Brahe, e constató che le direzioni di **SM**, calcolate e osservate, non erano esattamente le stesse; gli scarti potevano elevarsi fino a 8 minuti; o Keplero sapeva che Ticho non poteva sbagliarsi piú di un minuto. Egli disse a questo proposito: ” *Questi 8 minuti, che non é piú permesso di trascurare, mi hanno messo sulla via per riformare tutta l’astronomia*”.

Le osservazioni di Tolomeo non avrebbero insegnato niente a Keplero, perché esse erano in errore di 8 o anche di 10 minuti; si vede qui l’importanza del ruolo giocato dalle osservazioni di Ticho Brahe.

In presenza di questa difficoltà, Keplero rinuncia definitivamente al cerchio, e ci prova l’ellisse di cui i geometri greci, Apollonio specialmente, avevano studiato le belle proprietà. Egli vide che ponendo uno dei fuochi nel Sole, e determinando propriamente la sua grandezza e la sua orientazione, puó arrivare a sopprimere completamente gli scarti che l’avevano fermato. Egli ottiene lo stesso successo per gli altri pianeti. Egli trova poi le due altre leggi che portano il suo nome. Questa volta, le leggi dei moti dei pianeti erano

stabilite in modo indiscutibili, e le combinazioni complicate dei moti circolari, immaginate da Tolomeo e mantenute in parte, anche dopo Copernico, rientrando per sempre nel nulla.

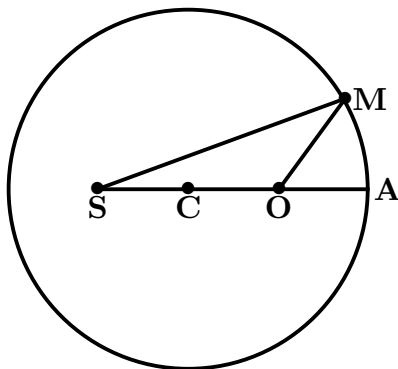


fig.I3.7-1

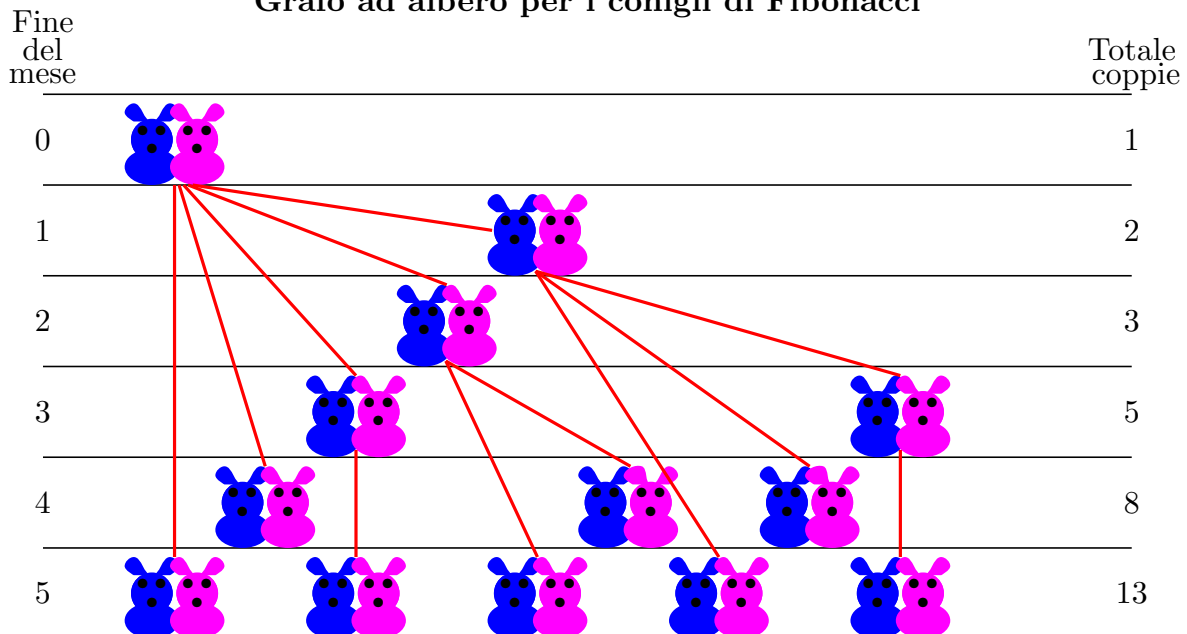
Infine arrivó NEWTON le cui teorie saranno spiegate nei capitoli seguenti.

14.1 - Il multiforme fascino della successione di Fibonacci¹⁾

Un argomento talmente affascinante ed importante che si é sentito il dovere di metterlo nell'Introduzione di un corso di Fisica I.

Il piú grande matematico europeo del medioevo fu Leonardo da Pisa, meglio noto come Fibonacci, ossia "figlio di Bonaccio". Nacque a Pisa nel settembre del 1170 circa e ivi morí nel 1235 circa, ma fu a Bona, in Algeria, dove suo padre era funzionario di un ufficio commerciale, che il giovane Leonardo apprese le prime nozioni matematiche da precettori musulmani. Egli riconobbe subito l'enorme superioritá del sistema decimale indo-arabico, basato sulla nozione posizionale e sull'uso dello zero, nei confronti del poco pratico sistema romano ancora diffuso in Italia. La sua opera piú nota é il *Liber Abaci*, un esauriente manuale di aritmetica e algebra ad uso dei mercanti. Nel libro sono sostenuti i pregi della notazione indo-arabica e, per quanto destasse scarso interesse nei mercanti italiani del tempo, esso ebbe una influenza decisiva nell'introduzione in Occidente del sistema indo-arabico. Il *Liber Abaci* fu ultimato a Pisa nel 1202, ma ci é giunto solo una edizione riveduta del 1228, dedicata ad un famoso astrologo dell'epoca. Per ironia della sorte, Fibonacci, che pure diede validi contributi alla matematica, é ricordato oggi soprattutto perché, nel diciannovesimo secolo, Eduard Lucas (uno studioso francese di teoria dei numeri e autore di un'opera ormai classica in quattro volumi sui passatempi matematici) chiamó con il suo nome una successione che si presenta in un facile problema del *Liber Abaci*. Supponiamo, aveva scritto Leonardo, che una coppia di conigli adulti sia allevata in una conigliera. Ammettiamo che i conigli cominciano a prolificare all'età di due mesi, generando una coppia maschi-femmina alla fine di ogni mese. Se nessuno dei conigli muore, quanti conigli si troveranno nella conigliera in capo ad un anno?

Grafo ad albero per i conigli di Fibonacci



Il grafo ad albero mostra ciò che avviene nei primi cinque mesi. É facile vedere che il

¹⁾ Gardner Martin - Le Scienze, Agosto 1969, pag.99.

numero di coppie alla fine di ogni mese é successivamente:

$$1, \quad 2, \quad 3, \quad 5, \quad 8, \quad 13, \quad \dots \quad (I4.1.1)$$

Come osservó lo stesso Fibonacci ogni numero che compare in questa successione (a eccezione, ovviamente, dei primi due) é la somma dei due numeri che lo precedono. Alla fine dei dodici mesi le coppie di conigli saranno 377.

Fibonacci non indagó le proprietá di questa successione e si dovette attendere l'inizio del diciannovesimo secolo perché, come ebbe a dire un matematico, gi scritti sull'argomento coincisero a moltiplicarsi quasi alla stessa velocitá dei conigli di Fibonacci. Lucas eseguí un profondo studio su quelle successioni (oggi dette "successioni generalizzate di Fibonacci") che iniziano con una qualsiasi coppia di numeri interi, essendo ogni numero successivo la somma dei due che lo precedono. Egli chiamó la piú semplice di tali successioni: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ..., successione di Fibonacci. La posizione di ogni numero di questa successione é tradizionalmente indicata da un indice cosicché $F_1 = 1$, $F_2 = 2$, e cosí via. I primi cinquanta numeri di Fibonacci sono elencati nella tabella seguente. .

n	1	2	3	4	5
F_n	1	1	2	3	5
n	6	7	8	9	10
F_n	8	13	21	34	55
n	11	12	13	14	15
F_n	89	144	233	377	610
n	16	17	18	19	20
F_n	987	1597	2584	4182	6765
n	21	22	23	24	25
F_n	10496	17711	28657	46368	75025
n	26	27	28	29	30
F_n	121393	196418	317811	514229	832040
n	31	32	33	34	35
F_n	1346269	2178309	3524578	5702887	9227465
n	36	37	38	39	40
F_n	14930352	24157817	39088169	63245986	102334155
n	41	42	43	44	45
F_n	165580141	267914296	433494437	701408733	1134903170
n	46	47	48	49	50
F_n	1836311903	2971215073	4807526976	7778742049	12586269025

F_n rappresenta il generico numero di Fibonacci, F_{n+1} il numero che lo segue, e F_{n-1} quello che lo precede. F_{2n} é il numero di Fibonacci il cui indice é il doppio di quello di F_n e cosí via.

La successione di Fibonacci ha dato filo da torcere ai matematici per secoli; ciò si deve al suo inaspettato presentarsi nei contesti piú vari, ma soprattutto al fatto che anche il meno smalzato dilettante di teoria dei numeri, senza conoscenze al di lá dell'aritmetica

elementare, può indagare le proprietà della successione e scoprire quella che sembra una varietà senza fine di teoremi curiosi. Recentemente, certi sviluppi della teoria della programmazione dei calcolatori hanno ridestato interesse attorno alla successione: si è infatti trovato che essa può essere utilmente applicata alla classificazione dei dati, alla ricerca delle informazioni, alla generazione di numeri casuali e persino alla ricerca di metodi rapidi per approssimare gli estremi (valori massimi o minimi) di funzioni le cui derivate non siano note.

I più antichi risultati attorno alla successione sono riassunti nel capitolo 17 del primo volume della *History of the Theory of Numbers* di Leonard Eugene Dickson. Il lettore interessato alle scoperte più recenti può consultare *The Fibonacci Quarterly* pubblicato dal 1963 dalla Fibonacci Association. (Il prezzo annuale è ora di sei dollari, le domande di abbonamento vanno rivolte all'amministratore, fratello Alfredo Brousseau, al St. Mary's College, in California).

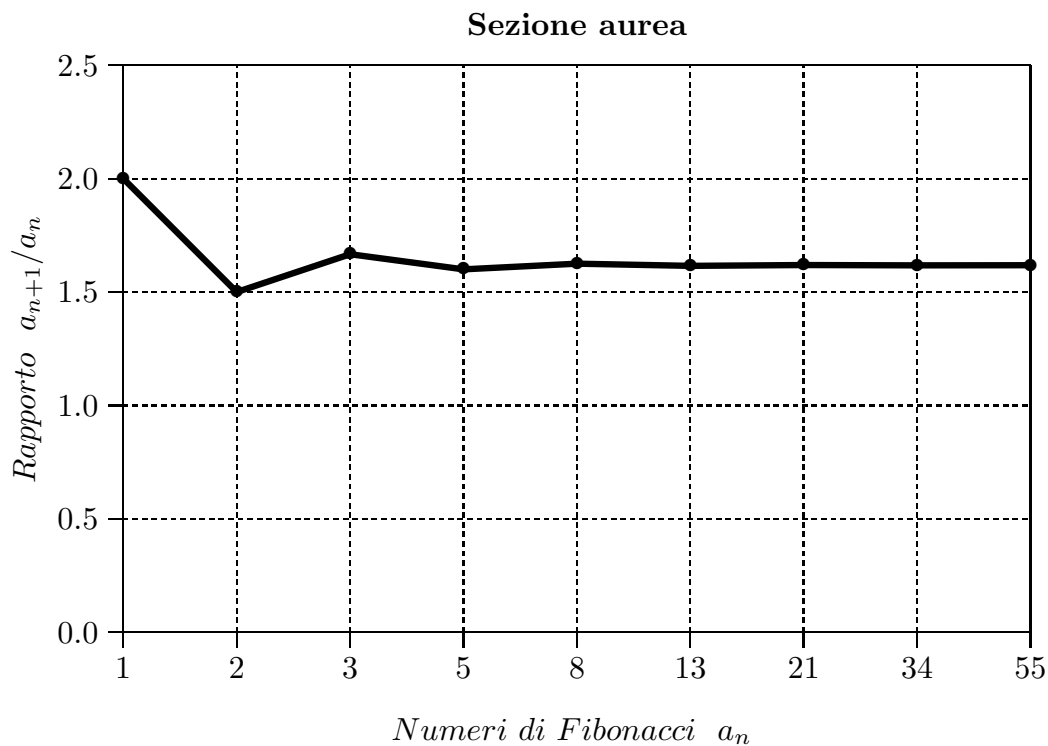


fig.I.4-1

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = 1.6180339887 \quad (I4.1.2)$$