

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA

*Corso di Laurea Magistrale in
Astronomia*

**GLI AFFRESCHI DELLA SALA
DELLE FIGURE ALLA SPECOLA:
ICONOGRAFIA E SCIENZA**

Laureanda:

LUCIA ZARANTONELLO

Relatore:

Prof. Giulio PERUZZI

Correlatori:

Prof. ssa Valeria ZANINI

Prof. Simone ZAGGIA

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

9 Marzo 2017

Ai Nonni

Indice

Elenco delle Figure	7
Abstract	9
Introduzione	10
1 Contesto storico	13
1.1 L'Europa storica nel Settecento	13
1.1.1 Guerre di Successione Europee	14
1.1.2 L'Illuminismo in Europa e in Italia	14
1.2 Prussia e Russia	16
1.3 Gran Bretagna	16
1.4 Francia	17
1.5 Italia	19
2 Contesto culturale	23
2.1 L'eredità del Seicento	23
2.2 Astronomia nel Settecento	25
3 Storia della Specola di Padova	31
3.1 Richiesta e realizzazione	32
3.1.1 Giuseppe Toaldo	35
3.1.2 Domenico Cerato	38
3.2 Il dopo Toaldo: Padova cambia radicalmente	40
4 La Sala delle Figure	43
4.1 Giacomo Ciesa	46
4.2 I personaggi	47
5 Analisi ed iconografia dei dipinti	53
5.1 Tolomeo	53
5.2 Copernico	60
5.3 Brahe	62
5.4 Galilei	65

5.5	Keplero	70
5.6	Newton	73
5.7	Montanari	75
5.8	Poleni	78
6	Origine dei dipinti	81
	Conclusioni	97
A	Biografie Personaggi	101
A.1	Tolomeo	101
A.2	Copernico	103
A.3	Tycho Brahe	108
A.4	Galileo Galilei	111
A.5	Keplero	113
A.6	Newton	118
A.7	Montanari	121
A.8	Poleni	122
	Ringraziamenti	125
	Bibliografia	127

Elenco delle figure

1.1	<i>L'Italia dopo la pace di Utrecht del 1713.</i>	21
1.2	<i>L'Italia nel 1740.</i>	21
1.3	<i>L'Italia nel 1796.</i>	22
4.1	Sala delle Figure. (Da[Pigatto 2007])	45
5.1	<i>Affresco di Tolomeo nella Sala delle Figure</i>	53
5.2	Esempi di iconografie di Tolomeo principe	55
5.3	Armilli Solstiziale ed Armilla Equatoriale.	57
5.4	Strumenti per le misurazioni lunari [da Strano 2007b].	58
5.5	<i>Riquadro mitologico raffigurante Atlante</i>	59
5.6	<i>Affresco di Copernico nella Sala delle Figure</i>	60
5.7	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Eracle</i>	61
5.8	<i>Affresco di Brahe nella Sala delle Figure</i>	62
5.9	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Prometeo nell'atto di rubare il fuoco al Sole</i>	65
5.10	<i>Affresco di Galilei nella Sala delle Figure</i>	66
5.11	Ritratti di Galileo.	68
5.12	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Endimione mentre osserva la Luna.</i>	68
5.13	<i>Affresco di Keplero nella Sala delle Figure</i>	70
5.14	Ritratti di Keplero	71
5.15	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante il giudizio di Tmolo sulla sfida musicale tra Apollo e Pan. Disteso vicino a Pan c'è re Mida.</i>	72
5.16	<i>Affresco di Newton nella Sala delle Figure</i>	74
5.17	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante prometeo nell'atto di rubare il fuoco al Sole</i>	74
5.18	<i>Affresco di Montanari nella Sala delle Figure</i>	76
5.19	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Aristotele mentre incide su due colonne le sue dottrine.</i>	77
5.20	<i>Affresco di Poleni nella Sala delle Figure</i>	78

5.21	<i>Riquadro monocromatico mitologico raffigurante il centauro Chirone mentre istruisce un giovinetto con la sfera armillare.</i>	79
6.1	<i>Antiporta dell' ASTRONOMICA INSTITUTIO (1692) di Jan Luyts, opera calcografica sull'antiporta a firma di Joseph Mulder e Gerard Hoet.</i>	82
6.2	Confronto tra gli affreschi e i ritratti nell'antiporta calcografico del libro.	83
6.3	Confronto tra gli affreschi e i ritratti nell'antiporta calcografico del libro.	84
6.4	<i>Frontespizio delle TABULAE MOTUUM COELESTIUM PRESPECTUAE (1632) di Philip Lansberg.</i>	85
6.5	Confronto tra il frontespizio delle TABULAE MOTUUM COELESTIUM PRESPECTUAE(1632) e i ritratti presenti sul Luyts (1692). Per Brahe confronto anche con il ritratto di De Gheyn.	86
6.6	Confronto tra i ritratti di Copernico.	87
6.7	Ritratti di Galileo.	88
6.8	<i>Antiporta di INTRODUCTIO AD GEOGRAPHIAM di Jan Luyts.</i>	90
6.9	Confronto tra i due ritratti di Geminiano Montanari.	90
6.10	Confronto tra i ritratti di Isaac Newton.	91
6.11	Confronto tra i ritratti di Keplero.	92
6.12	<i>Marchio di stampa attribuibile a Giovanni Poleni.</i>	93
6.13	Confronto tra i ritratti di Giovanni Poleni.	94
6.14	<i>Affresco nella Sala Meridiana.</i>	95
6.15	Confronto dei tra il Sole nel modellino di Copernico e quello nella Sala Meridiana.	96
A.1	<i>I sette assunti riportati sul Commentariolus</i>	105
A.2	Rappresentazioni dei moti planetari, da [Copernico 1543].	108

Abstract

Il lavoro studia gli affreschi realizzati ad opera di Giacomo Ciesa nel 1772-1773, rappresentanti otto importanti personaggi della storia dell'Astronomia. Dopo un veloce quadro storico e brevi biografie di quanti coinvolti nel progetto della Specola di Padova (Toaldo, Cerato e Ciesa) approfondisce l'iconografia di ogni affresco alla luce del contributo scientifico di ciascun astronomo raffigurato. Indaga quindi le origini della base figurativa di riferimenti pittorici dell'artista tramite il confronto con dipinti, antiporte, frontespizi e calcografie presenti al tempo.

Introduzione

In questo lavoro vengono studiati gli affreschi nella Sala delle Figure della Specola. Sin dalla loro realizzazione, e soprattutto dopo il loro rinvenimento sotto lo strato di pittura ottocentesca ed il loro recupero nel 1998, le figure a dimensione intera degli otto importanti astronomi del passato ed i riquadri monocromatici vengono descritti nelle guide e nei lavori relativi alla storia dell'Osservatorio. Tuttavia, finora non si era mai realizzato uno studio dal punto di vista iconografico e scientifico che permettesse una comprensione del loro significato e della loro motivazione didattica, secondo la probabile visione anche del Toaldo. La pittura, infatti, oltre ad uno scopo estetico di abbellimento del luogo, spesso presentava anche un aspetto culturale, come veicolo di concetti ed informazioni. Questo era valido soprattutto in un contesto storico dove l'istruzione non era ancora alla portata di tutti ed i libri avevano, solitamente, un costo elevato. Per questo motivo si ritiene interessante procedere ad una analisi dei dipinti del Ciesa in questa direzione, per stabilirne la valenza divulgativa nel legame tra contributo scientifico di ciascun personaggio, scelte iconografiche operate e rispettivi riquadri mitologici. Altro importante scopo di questo lavoro è la determinazione delle immagini di riferimento usate dall'artista, dove possibile, al fine di conoscere meglio la storia della Specola non solo dal punto di vista architettonico e strumentale, ma anche artistico.

Quest'anno, inoltre, ricorre un importante anniversario: il 21 Marzo 1767 l'architetto Domenico Cerato, incaricato su suggerimento di Toaldo per la realizzazione del progetto, ricevette ufficialmente le chiavi di accesso al complesso della Torre Alta del Castel Vecchio, dando inizio finalmente ai lavori per il nuovo Osservatorio pubblico padovano. Proprio per questo il 21 Marzo 2017 avranno avvio le iniziative per la commemorazione dei 250 anni della Specola. Si coglie quindi l'occasione di approfondire un aspetto dell'edificio finora poco studiato.

Per svolgere quanto esposto sarà necessario introdurre una parte storica sulle personalità rilevanti per il progetto, *in primis* l'astronomo e primo direttore della Specola, Giuseppe Toaldo, che fu sovrintendente scrupoloso e competente dei lavori, ma anche l'architetto Domenico Cerato e l'artista Giacomo Ciesa. Ovviamente non si potrà trascurare un richiamo alla storia dell'Osservatorio e della Sala delle Figure.

Nello studio strettamente connesso ai dipinti, invece, ci si concentrerà sul con-

fronto iconografico con opportuni e significativi quadri, sull'iconologia dell'epoca, sull'analisi di calcografie in pubblicazioni scientifiche ed in opere di altro tipo stampate all'epoca (ad esempio guide alla città), per cercare di risalire all'insieme originale d'immagini di riferimento per l'artista.

Entrando nel dettaglio di quanto contenuto in questo studio, il lavoro sarà impostato secondo la scaletta esposta di seguito.

- **Contesto Storico (CAP1).** In questo primo capito viene delineata in modo generale la situazione europea nel Settecento dal punto di vista politico e sociale; questo permette una contestualizzazione migliore della situazione italiana, e padovana in particolare, rispetto a quella europea.
- **Contesto Culturale (CAP2).** Sempre a grandi linee viene descritto un profilo dell'astronomia del XVIII secolo, con un riferimento anche a quello che il secolo precedente aveva lasciato in eredità dal punto di vista dell'avanzamento scientifico. Scopo di questo breve *excursus* è inserire nel contesto culturale europeo la decisione e la necessità di una Specola pubblica a Padova.
- **Storia della Specola di Padova (CAP3).** Si passa in questa parte alla storia della conversione della Torre Alta del Castel Vecchio ad Osservatorio. Vengono presentate le due figure chiave del progetto: Giuseppe Toaldo e Domenico Cerato. Per completezza, il capitolo comprende anche una veloce storia dell'Osservatorio dopo la morte di Toaldo.
- **La Sala delle Figure (CAP4).** Questo capitolo entra in modo più specifico nell'ambito dello studio e descrive la Sala ed i restauri eseguiti, presentando poi la figura di Giacomo Ciesa, l'affrescatore. Si fornisce qui un breve elenco biografico degli otto personaggi raffigurati nei dipinti settecenteschi: Tolomeo, Copernico, Brahe, Galilei, Keplero, Newton, Montanari, Poleni. Una più estesa parte biografica, anche se sempre senza pretesa di esaustività, è presente nell'appendice A.
- **Analisi ed Iconografia dei Dipinti (CAP5).** Si arriva qui al cuore del lavoro: l'analisi degli affreschi. Si cerca di capire le motivazioni scientifiche ed artistiche alla base di alcune delle scelte stilistiche compiute da Toaldo e Ciesa.
- **Origine dei Dipinti (6).** Si cerca qui di risalire alle pubblicazioni scientifiche o alle immagini che hanno fatto da riferimento al Ciesa, fornendo anche un confronto per immagini. Un breve accenno viene fatto anche all'affresco in Sala Meridiana, attualmente ancora privo di un'attribuzione certa.

I risultati ottenuti, sia dal punto di vista dell'analisi sia da quello delle fonti per il Ciesa hanno portato a delineare meglio ciascun affresco della Sala delle Figure e la relativa fonte, come esposto in dettaglio nelle conclusioni (CAP6A).

Capitolo 1

Contesto storico

Per capire bene il contesto storico durante il quale sorse la Specola di Padova, e quindi comprendere meglio la Specola stessa, è utile avere un'idea dei principali avvenimenti storici italiani ed europei durante il Settecento. Come si può vedere, questo secolo è caratterizzato da profondi cambiamenti sociali e culturali.

1.1 L'Europa storica nel Settecento

Agli inizi del Settecento il mondo è molto simile a quello dei secoli precedenti: grandi comunità umane si trovano soltanto nelle grandi città europee occidentali e centrali; la maggior parte delle popolazioni sono ancora sparse nelle campagne e nelle foreste e vivono prevalentemente del lavoro contadino. La circolazione delle notizie avviene ancora con molta fatica, così come quella degli uomini, data la pericolosità dei viaggi. Il tasso di mortalità è ancora elevato a causa di scarsa alimentazione, malattie infettive e mancanza di igiene.

Durante questo secolo, però, lentamente la situazione europea muta: agricoltura e allevamento conoscono uno sviluppo che permette un'alimentazione più abbondante, mentre il progredire della medicina porta alle prime elementari norme igieniche, come l'uso del sapone, e alla possibilità di prevenzione delle malattie infettive (vaiolo, ad esempio). L'Illuminismo, poi, offre un enorme contributo a questo cambiamento, così come alcune riforme politiche.

Tuttavia, il Settecento europeo (e non) è anche un secolo segnato dalle guerre, soprattutto quelle di successione: poiché i re sono tutti imparentati tra loro alla morte di parenti senza eredi, se non viene raggiunto un accordo per trovarne uno, si scatenano guerre per la spartizione dell'eredità. Quello che conta per i sovrani, in questo contesto, è la salvaguardia del principio di equilibrio: nessuna famiglia reale e nessuno Stato devono essere così potenti da poter causare il danno degli altri.

1.1.1 Guerre di Successione Europee

Di seguito la cronologia delle principali guerre di successione Europee di questo periodo:

- 1701-1714: Guerra di successione al trono di Spagna. Coinvolge anche l'Italia: viene conclusa dai trattati di Utrecht e di Rastadt, con i quali i principi di Savoia e di Prussia ricevono il titolo di re ed in Italia l'Austria sostituisce la Spagna, ormai in decadenza.
- 1733-1738: Guerra di successione polacca. Porta alla crisi dello Stato e sfocia, nel 1795, nella divisione della Polonia tra Austria, Prussia e Russia.
- 1740-1748: Guerra di successione austriaca. Si conclude con la pace di Aquisgrana, nella quale viene riconosciuto a Maria Teresa d'Asburgo il diritto di sedere sul trono imperiale.
- 1756-1763: Guerra dei Sette Anni. Vede Prussia e Gran Bretagna alleate contro Francia ed Austria e si conclude con la pace di Parigi, che segna il declino della Francia, costretta a cedere le colonie del Canada e delle Antille alla Gran Bretagna.

1.1.2 L'Illuminismo in Europa e in Italia

Durante il Settecento alcuni filosofi e scienziati cominciano a divulgare il sapere, la conoscenza ed una nuova nozione di verità fondate sul *lume della ragione*: questo fa di questo secolo il *secolo dei lumi* e tali uomini di cultura vengono quindi detti *illuministi*.

Sviluppatosi in Francia sotto il dominio assoluto di Luigi XV e Luigi XVI con esponenti come Voltaire, Motesquieu, D'Alambert, Diderot, Rousseau, Lammetrie e Cabanis, presto si espande in tutta Europa. Basi fondanti dell'Illuminismo sono il riconoscimento della ragione come unica autorità nel campo del sapere, non la religione com'era fino a quel momento, e il combattere l'ignoranza e la superstizione con la diffusione di nuove idee apportatrici di felicità. Per quanto riguarda la religione, essi sono comunque tolleranti, non rifiutando nessun culto e nemmeno l'ateismo. In campo politico sono sostenitori del sistema monarchico-costituzionale, simile a quello inglese, con un re affiancato da un Parlamento nel quale siedano rappresentanti del popolo, mentre sostengono la necessità di un miglioramento del sistema carcerario e di una riforma del codice penale che tenga conto del valore della persona, senza troppe discriminazioni tra le varie classi di cittadini. Per quanto concerne l'economia, inoltre, sono fautori dell'abolizione del

sistema feudale ed invitano ricchi mercanti e nobili ad investire i loro capitali in manifatture e nell'ammodernamento dell'agricoltura. Nel campo educativo, infine, chiedono l'apertura delle scuole elementari, auspicando una larga diffusione della filosofia naturale (nata dalla rivoluzione scientifica) e della tecnica.

In Italia l'Illuminismo, però, perde molti dei suoi caratteri francesi, rinunciando alla pretesa di cambiare radicalmente il mondo e puntando più a comprendere e migliorare la situazione nella quale vive la maggior parte delle persone. Riforme illuministiche si hanno nel Regno di Napoli, nel Granducato di Toscana, in quello di Parma e in Lombardia. In particolare a Napoli alcuni studiosi, tra i quali Antonio Genovesi, cercano di comprendere i meccanismi che regolano l'economia, sostituendo ai vincoli feudali e ai privilegi di antiche corporazioni i nuovi principi di libera concorrenza e di iniziativa privata. Importante poi ricordare i fratelli Piero e Alessandro Verri e Cesare Beccaria che a Milano danno vita all'Accademia dei Pugni e al periodico *Il Caffè*, diffondendo le idee illuministiche anche in Austria e contribuendo al risveglio economico, politico e culturale della Lombardia. Beccaria, inoltre, scrive il *Dei delitti e delle pene*, dove sostiene il concetto di "innocente fino a prova contraria" e dove condanna la tortura come disumana e superflua: le pene sono considerabili utili solo nel caso possano redimere il colpevole e consentirne un reinserimento nella società. Si spinge fino a sostenere che si debba eliminare la pena di morte.

Quando l'Illuminismo incontra l'assolutismo che ancora caratterizza gli stati europei (ad esclusione della Gran Bretagna) nasce l'**assolutismo illuminato**. Nonostante spesso siano usate come pretesto per rafforzare l'autorità del sovrano, le idee illuministiche modificano l'assetto degli stati, a volte anche radicalmente, portando ad alcune fondamentali riforme, tra le quali ricordiamo:

- la riforma scolastica di Federico Guglielmo II, detto *Il Grande*, che introdusse in Prussia l'obbligo di frequenza anche per i figli dei contadini dai cinque ai tredici anni, avendo però l'accortezza di nominare come insegnanti ex soldati che possano rendere gli studenti giovani sudditi fedeli;
 - la riforma fiscale di Maria Teresa in Austria, con la quale introduce il catasto e le tasse proporzionali alla ricchezza posseduta ed universali, cioè pagate da tutti, clero e nobili compresi;
 - il Codice di Procedura Penale di Giuseppe II, sempre in Austria, dove per la prima volta vengono abolite le distinzioni di classe davanti alla legge e la tortura, mentre la pena di morte viene riservata a rari casi, prevedendo inoltre la scelta dei magistrati in base a severi esami sulla loro competenza.
-

1.2 Prussia e Russia

Dopo la Guerra di successione spagnola il principe di Prussia riceve il titolo di re. Siamo nel 1713 e questo Stato è formato da tre regioni distanti tra loro: la zona del Reno, di Brandeburgo e Pomerania e quella della Prussia. La Prussia diventa però la più forte tra le nazioni germaniche grazie a riforme radicali, all'aiuto di tecnici stranieri per il miglioramento dell'agricoltura e alla realizzazione di un potente esercito.

Per quanto riguarda la Russia, invece, essa si trova in uno stato di isolamento dal resto d'Europa: i ghiacci del nord bloccano il Mare Artico, gli Svedesi occupano il Mar Baltico, mentre a sud i Tartari occupano le steppe attorno al Mar Caspio e i Turchi le coste del Mar d'Azov e del Mar Nero. Il risultato di questo isolamento è che la Russia si trova ancora nel medioevo e il commercio è quasi completamente sconosciuto. Con l'avvento dello zar Pietro I, però, vengono creati una flotta ed un esercito moderno, viene istituito un efficiente sistema di riscossione delle tasse, la Chiesa ortodossa viene assoggettata al potere e alla nobiltà viene imposto di vestire e pensare all'occidentale. Egli toglie ai Turchi il Mar d'Azov e conquista le zone baltiche, che vengono sottratte alla Svezia, aprendo una via di comunicazione diretta con l'Europa. In questo periodo viene fondata Pietrogrado (San Pietroburgo) e viene dichiarata nuova capitale (Mosca viene considerata troppo lontana dall'Europa). Nel corso del Settecento, quindi, la Russia diviene un'altra grande potenza europea.

1.3 Gran Bretagna

Un discorso a parte merita la Gran Bretagna: il suo sistema politico, con la Costituzione e il Parlamento a supporto del re, permette la promulgazione di leggi in sintonia con gli interessi dei proprietari terrieri e dei mercanti, favorendoli; le tasse vengono pagate volentieri, in quanto il Parlamento vigila che i soldi vengano spesi bene. La pace di cui gode, in contrasto con il continente europeo alla prese con le molte guerre di successione, fa sì che non subisca danneggiamenti nel territorio e al tempo stesso favorisce un incremento delle manifatture e un miglioramento dell'agricoltura. Il commercio, da un lato improntato alla protezione dei sudditi dalla concorrenza straniera, dall'altro stimola la libera concorrenza all'interno del Paese tra produttori e commercianti. Il corpo di burocrati addestrati, onesti e fedeli allo Stato chiudono il quadro. Le basi per la rivoluzione industriale sono quindi solide e mature.

Le guerre di conquista nel mondo, grazie alla potente flotta e alle accorte alleanze politico-militari, vedono la Gran Bretagna conquistare territori d'oltremare e privilegi commerciali. Importante in questo senso sono la conquista della Rocca di Gibilterra, nel 1704, dalla quale si controllano i traffici nel Mediterraneo, la

possibilità di commercio con tutto il Sud America spagnolo e l'ottenimento del Canada e delle Antille (canna da zucchero) in seguito alla pace di Parigi.

Grazie ad un miglioramento climatico i lords inglesi, arricchiti dal commercio coloniale, danno un impulso deciso all'agricoltura, progettando un nuovo modo di coltivare la terra, selezionando piante e creando macchine in grado di far rendere i campi. Il progresso agricolo porta ad un incremento demografico e contemporaneamente provoca la disoccupazione dei piccoli agricoltori, che non hanno somme da investire nel miglioramento della propria attività.

Il commercio coloniale porta ad una importazione delle materie prime a buon mercato, mentre gli artigiani locali filano e tessono, vendendo pezze di buona qualità sempre più richieste. Compaiono in questo periodo la filatrice meccanica e la spoletta volante, ma sono troppo costosi per venire comprati da una sola famiglia di contadini-artigiani quali erano quelle presenti all'epoca. I lords o mercanti, che hanno accumulato capitale grazie alle rendite dei terreni o ai traffici coloniali, diventano imprenditori investendo i soldi in una impresa e fornendo contratti ai contadini-artigiani, che diventano proletari. La richiesta sempre maggiore dei prodotti tessili porta poi all'accentramento del luogo di produzione del tessuto, in quanto vengono sviluppate macchine tessili sempre più grandi, azionate dall'acqua corrente. Nascono così le fabbriche, e con loro vengono gradualmente abbandonate le campagne in favore di abitazioni nei pressi del luogo di lavoro.

Nel 1769 Watt mette a punto la prima macchina a vapore; le fabbriche si spostano nuovamente, stavolta vicino alle miniere di carbone, e con loro si spostano i proletari, nei malsani quartieri attorno alle ciminiere. La rivoluzione industriale progredisce, portando con sé nuovi assetti sociali e nuovi problemi, ma anche nuove tecnologie.

1.4 Francia

La Francia nel Settecento è un Paese in pieno fermento e, agli inizi, presenta anche una forte frattura sociale: da un lato i pochi ricchi, nobili, clero e borghesia¹, dall'altro la maggioranza del popolo, che vive in una miseria nera tra vecchie e nuove schiavitù, senza terre, senza potere politico e senza voce.

Per l'esplosione culturale, intellettuale e manifatturiera che la caratterizza in questo periodo, la Francia di Luigi XVI viene ammirata ed imitata in tutto il resto dell'Europa. Da parte sua il re cerca inizialmente di appianare le divergenze tra i nuovi ricchi e i vecchi nobili, scegliendo come ministri uomini di valore rappresentativi anche della borghesia; questi propongono riforme troppo forti,

¹Bisogna tuttavia precisare che tra i ricchi per nascita e i "nuovi ricchi" esiste una disparità che sarà l'origine della rottura tra i tre Stati. Infatti, mentre nobiltà e clero godono ancora di privilegi e ricchezze ereditari, non pagano le tasse e sono gli unici ad avere potere politico, la borghesia, arricchita dai commerci e dal manifatturiero, pur essendo portatrice dello sviluppo culturale rimane priva del potere politico e sottoposta al pagamento delle tasse

come la monarchia costituzionale e la riduzione delle spese di corte, col risultato di essere presto licenziati. La tensione tra le due fazioni della ricchezza francese raggiunge livelli molto alti, che culminano nella convocazione degli Stati Generali. Gli Stati Generali è un'assemblea con solo potere consultivo alla quale partecipano i rappresentanti di tre dei quattro "stati" nei quali è divisa la società francese. In questo contesto di tensioni viene ottenuta dal re la concessione della libertà di stampa e di associazione.

L'assemblea degli Stati Generali si apre il 5 Maggio 1789, ma, mentre dovrebbe essere proprio il re a farsi carico del cambiamento e delle riforme², egli non tiene conto di quanto riportato dai rappresentanti presenti. Dopo infruttuose discussioni, i rappresentanti della borghesia si riuniscono nella Sala della Pallacorda e si autoproclamano *Assemblea Nazionale Costituente*, giurando di separarsi solo dopo aver redatto una Costituzione. Inizialmente il re pare supportarla, ma poi cambia direzione e cerca di scioglierla, provocando l'insurrezione della folla che assale la Bastiglia, radendola al suolo. È il 14 Luglio 1789 e per la prima volta, sulle macerie della prigione, sventola il tricolore francese. I borghesi istituiscono la Guardia Nazionale per difendere l'Assemblea Nazionale Costituente e tutta la Francia insorge. Viene decretata la fine del feudalesimo e vengono abolite l'esenzione dalle tasse per i primi due stati, le decime e le corveè.

Il 26 Agosto 1789 nasce la *Dichiarazione dei Diritti dell'uomo e del cittadino*, che sancisce i diritti fondamentali degli uomini, validi per tutti, non solo per i francesi, e che SONO LIBERTÀ, FRATERNITÀ, UGUAGLIANZA. Il re è costretto a trasferirsi a Parigi. La Francia sembra avviata sulla strada della monarchia costituzionale, ma l'Assemblea Nazionale Costituente vara la *Costituzione civile del clero francese*, fortemente osteggiata dal Papa, secondo la quale i sacerdoti non sono più nominati da Roma. La nazione si spacca in due fazioni opposte, così come il clero. In questo instabile clima, re Luigi XVI tenta la fuga e viene fermato e riportato a Parigi; questo episodio genera un clima di sfiducia popolare nei confronti dei reali. Quasi come atto riparatore, il 13 Settembre 1791 egli firma la nuova Costituzione e l'Assemblea Costituente si scioglie.

Intimorite dalla piega che sta prendendo la Rivoluzione Francese, Prussia ed Austria si armano per contrastarla; in risposta, la Francia dichiara loro guerra e proclama la leva di massa. Marat, Danton e Robespierre provocano le insurrezioni dei sanculotti; vengono fondate le *Camere Rivoluzionarie di Parigi*, viene assaltata la reggia ed imprigionato il re, accusato di alto tradimento per delle lettere agli stati nemici. L'Assemblea Legislativa viene esautorata, sostituita dalla *Convenzione Nazionale*, e si consumano le "stragi di settembre" nelle quali vengono massacrati preti refrattari e prigionieri politici.

²L'illuminismo non concepisce ancora la nascita delle riforme "dal basso". Sostenendo la monarchia costituzionale su modello inglese, infatti, gli illuministi sono convinti che i cambiamenti debbano venire dal re. Questi deve, come "sovrano illuminato", farsi carico delle richieste e dei problemi del suo popolo e di conseguenza prendere i necessari e migliori provvedimenti.

Il 22 Settembre 1792, dopo un'inaspettata vittoria francese a Valmy, viene proclamata la Repubblica. Il 21 Gennaio 1793 viene decapitato il re, a cui fa seguito dopo poco anche la regina³.

Quando l'esercito francese varca i confini nazionali, invadendo le nazioni vicine, le motivazioni che lo muovono sono di due tipi: una di tipo *ideale*, cioè una vera convinzione di portare la libertà agli altri popoli, e una di tipo *materiale*, la speranza di conquistare nuovi e grandi mercati. Questo accresce il prestigio e il potere dei militari, fortificato dalla sensazione diffusa che tutte le vittorie siano merito loro, mentre le sconfitte siano da attribuire come colpa soltanto al governo. La strada è spianata per Napoleone Bonaparte, un generale dalle capacità eccezionali al quale viene affidato nel 1796 il compito di combattere gli Austriaci scendendo in Italia. Grazie alle abilità strategiche, alla riorganizzazione del proprio esercito e alla personalità magnetica, Bonaparte arriva sulla Pianura Padana come un fulmine, sbaragliando le pur superiori forze di Piemontesi e Austriaci, entrando trionfante a Milano, accolto da patrioti rivoluzionari filo-francesi. Nonostante questo straordinario personaggio nel giro di una quindicina d'anni dalla presa della Bastiglia riesca perfino ad affermarsi come dittatore dei Francesi, per i rivoluzionari filo-francesi italiani si rivela una delusione: egli infatti pone fine alla lunga storia della Repubblica di Venezia, cedendola agli Austriaci con il *trattato di Campoformio* il 18 Ottobre 1797, e reprime ogni ribellione italiana e impone anche pesanti tributi alla Repubblica Cisalpina in favore delle casse francesi.

1.5 Italia

Come si vede anche dalla cartina in (fig.1.1)⁴, l'Italia agli inizi del Settecento è ancora molto frammentata.

In seguito alla guerra di successione spagnola ed al conseguente trattato di Utrecht del 1713, La Spagna perde il predominio assoluto sulla penisola. Questa però non conquista l'indipendenza: il ducato di Milano, il regno di Napoli e quello

³Successivamente, la Convenzione dichiara la fine dell'era cristiana e l'inizio di quella rivoluzionaria, adottando anche un nuovo calendario. Viene approvata la Costituzione dell'Anno Primo della Rivoluzione che prevederebbe anche il suffragio universale per tutti i cittadini maschi, l'istruzione elementare per tutti ed i referendum popolari, ma che non entrerà mai in vigore, in quanto Danton e Robespierre impongono la dittatura del *Comitato di Salute Pubblica*. Dopo l'assassinio di Marat viene emanata anche la *legge dei sospetti*: comincia il periodo del *Terrore*. I borghesi però temono che Robespierre inneschi anche una rivoluzione sociale e per questo il 27 Luglio 1794 (9 Termidoro) lo pongono sotto sequestro e lo ghigliottinano. Inizia il periodo repubblicano-borghese e moderato: i *Termidoriani* liquidano la Convenzione nazionale e promulgano la Costituzione dell'Anno Terzo della Rivoluzione, affidando il potere esecutivo ad un Direttorio di 5 membri. Il popolo scende in piazza a più riprese chiedendo più diritti civili e politici. Il tentativo di ribellione di un gruppo guidato da Caio Gracco Babouf viene neutralizzato dal giovane generale Napoleone Bonaparte, mentre i borghesi approvano una legge che condanna a morte chiunque osi riproporre la monarchia come forma di governo.

⁴Fonte: The Public Schools Historical Atlas by Charles Colbeck. Longmans, Green; New York; London; Bombay, 1905.

della Sardegna finiscono sotto il dominio asburgico, mentre il Regno di Sicilia venne annesso alla Casa Savoia, con il duca Vittorio Amedeo II divenuto re.

La Spagna, per niente soddisfatta dei risultati del trattato, nel 1717-1718 occupa prima la Sardegna e poi la Sicilia, provocando l'alleanza tra Francia, Inghilterra, Paesi Bassi ed Austria; quest'ultima nel 1718 sconfigge la flotta spagnola a Capo Passero. La guerra si concluse nel 1720 con il trattato dell'Aia: la Sicilia passa sotto gli Asburgo, mentre la Sardegna venne concessa ai Savoia. Vittorio Amedeo II divenne quindi Re di Sardegna. Al figlio della regina di Spagna Elisabetta Farnese vennero promessi il ducato di Parma e Piacenza ed il Granducato di Toscana.

Nel 1733 prende avvio la guerra di successione polacca. Combattuta prevalentemente nel sud Italia, si concluse con la Pace di Parigi nel 1739 e con l'assegnazione del Granducato di Toscana a Francesco III Stefano di Lorena (alla scomparsa della dinastia De' Medici), del Ducato di Parma e Piacenza all'Austria e dello Stato dei Presidii, Regno di Napoli e Regno di Sicilia ai Borbone. Le Langhe ed i territori orientali del milanese divennero dei Savoia (fig.1.2)⁵.

Con la salita al trono austriaco di Maria Teresa d'Austria, moglie di Francesco Stefano di Lorena, inizia la guerra di successione austriaca, con una breve occupazione di Genova da parte degli austriaci. Il Trattato di Acquisgrana del 1748 pone fine al conflitto e muta nuovamente l'assetto politico italiano: il milanese è sotto dominio dell'Austria, che ristabilisce anche la propria influenza sul Ducato di Modena, mentre il Regno di Sardegna si espande verso la pianura padana, riappropriandosi di Nizza e Savoia; il Ducato di Parma e Piacenza viene ceduto ai Borbone, che mantengono anche i regni di Napoli e Sicilia (fig.1.3).

Dalla metà del Secolo, quindi, il centro-nord è governato direttamente dagli Asburgo d'Austria, che influenzano anche il granducato di Toscana, governato da una componente della famiglia dei Lorena. Al centro si estende lo Stato della Chiesa, mentre i domini dei Borboni, fortemente imparentati con i sovrani spagnoli e francesi, sono ancora molto estesi al sud nel Regno di Napoli e di Sicilia. Al nord i Savoia si rafforzano, affermandosi come potenza internazionale. Le due repubbliche marinare, Venezia e Genova, invece sono in sofferenza. L'Illuminismo, tramite la dominazione dei grandi sovrani stranieri, ha delle influenze positive anche nella penisola.

Lo scenario cambia nuovamente quando la Repubblica di Venezia si avvia al declino, sofferente per l'estensione del commercio verso le Americhe, dal quale resta esclusa. Gli Austriaci inizialmente si affermano nella Pianura Padana, solo per venire -in parte- soppiantati poi dalla Francia con Napoleone nel 1797, che proclama la Repubblica Cisalpina, cedendo però all'Austria i territori della Serenissima con il Trattato di Campoformio.

⁵Johann Homann, *Italia in suos Status divisa et ex prototypo del Isliano desumta Elementis insuper Geographiae Schazianis accomodata Curantibus Homannianis Heredibus.*(1742)

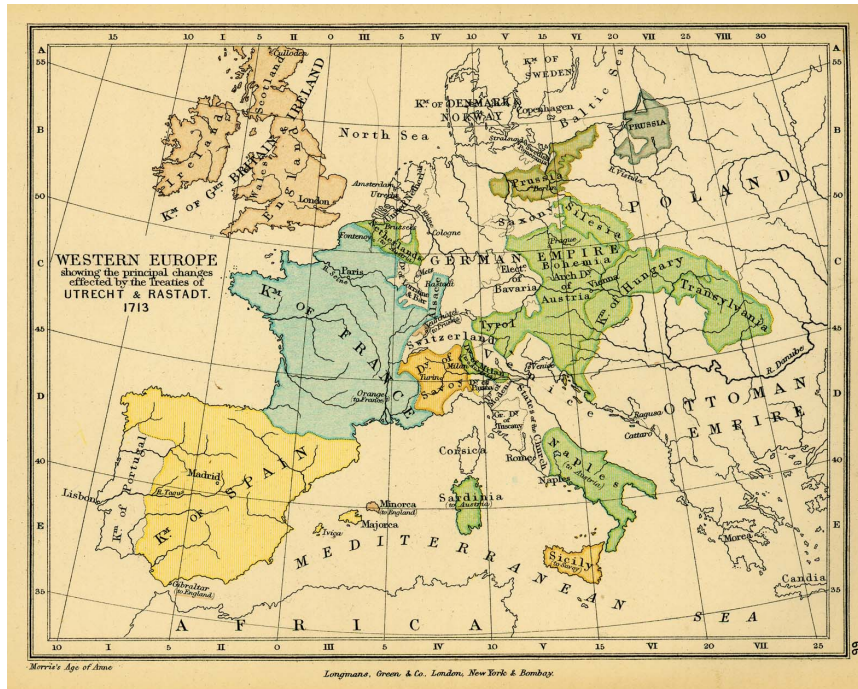


Figura 1.1: L'Italia dopo la pace di Utrecht del 1713.



Figura 1.2: L'Italia nel 1740.



Figura 1.3: *L'Italia nel 1796.*

Capitolo 2

Contesto culturale

Gli illuministi sono convinti che tutto ciò che accade all'uomo e alla natura sia regolato da leggi fisiche e matematiche; di conseguenza, cercano di descrivere e spiegare mediante numeri e operazioni matematiche tutti questi fenomeni.

Nel campo astronomico un enorme contributo viene dato da Isaac Newton (1642-1727) che supera le supposizioni cartesiane di un universo regolato dai vortici di materia fornendo una base fisica alle leggi kepleriane ed alla gravità. Egli giunge alla conclusione che in tutto l'universo ogni corpo, oggetto materiale, è sottoposto alla forza di attrazione (forza gravitazionale) secondo la massa.

Nel campo storico-naturale, inizia una fase di catalogazione, come avviene comunemente all'avvio della costruzione di una nuova scienza. Carlo Linneo (1707-1778) ne è l'esempio: egli si dedica a catalogare tutte le piante e gli animali conosciuti, suddividendoli in generi e specie. Tale dinamica si estende anche all'ambito storico, con l'inizio degli scavi archeologici ad Ercolano e Pompei e l'inizio dello studio della società umana e del suo passato.

In campo artistico, le grandi civiltà antiche suscitano ammirazione e perciò gli artisti si ispirano alla loro razionalità e bellezza, vedendo nelle opere del passato l'espressione di una civiltà superiore, con valori solo in questo secolo riscoperti. Il melodramma conosce una forte diffusione e vengono costruiti molti teatri. Infine, la pubblicazione di giornali e riviste cresce moltissimo, diffondendo nuove idee.

2.1 L'eredità del Seicento

Il Seicento porta all'Astronomia una serie di importanti novità, che si svilupperanno poi nel secolo successivo, come descritto anche in [Hoskin 2008]. A partire da Keplero (1571-1630) con la formulazione delle ipotesi sulle tre leggi sulle orbite planetarie¹, infatti, la visione del Sistema Solare muta radicalmente. Keplero

¹Esse sono descritte nell'*Astronomia Nova* e nell'*Harmonices Mundi*, tuttavia rimangono prive di una fisica di sostegno fino a Newton.

ha una triplice radice: la visione eliocentrica, la fortuna di avere a disposizione delle osservazioni per il tempo estremamente precise svolte da Tycho Brahe e la filosofia naturale di William Gilbert (1544-1603) con il suo *De Magnete*; ha inoltre l'importante intuizione di riferire i moti e le orbite dei pianeti al Sole reale. Contemporaneamente Galileo (1564-1642), puntando il suo cannocchiale verso i corpi celesti ne scopre le imperfezioni; copernicano convinto, contribuì alla diffusione della teoria eliocentrica e allo studio sulle maree, oltre che all'avvio dell'Astronomia osservativa come la conosciamo oggi con il *Sidereus Nuncius*(1610) e il *Dialogo sopra i massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*(1632). Successivamente alla scoperta delle macchie solari da parte di Galileo si avviarono ricerche indipendenti per capirne la natura e si stabilì che effettivamente tali macchie erano sulla superficie del Sole, fatto supportato anche da studi ed osservazioni di David Fabricius (1564-1617), con l'aiuto del figlio Johann. Successivamente Christiaan Huygens (1629-1695), tra i vari contributi, ebbe anche il merito di spiegare la natura degli anelli di Saturno osservati da Galileo. Nel frattempo, al di fuori dell'ambiente universitario, Descartes (1596-1650), partendo dal *Cogito, ergo sum*, arriva nei suoi *Principia Philosophiae* (1644) a concepire un universo infinito, ovunque uniforme, ed uno spazio pieno di materia indifferenziata, che si muove obbedendo alle leggi degli urti (da lui enunciate e in larga parte errate). Nel plenum cartesiano i moti che tendono in linea di principio ad essere rettilinei, quindi, dal punto di vista pratico assumono forma in vortici. Tra i meriti di Descartes c'è quello di arrivare a considerare il Sole come una qualsiasi stella. A lungo i sostenitori della visione cartesiana e della filosofia meccanicistica si vedranno opposti alla nascente fisica newtoniana. Tale confronto si nota anche nei titoli delle opere: Newton, con i suoi *Principia Mathematica*, il cui titolo completo è *Philosophiae naturalis principia mathematica*(1687) porterà all'Astronomia e alla Fisica una svolta decisiva, che chiuderà definitivamente con il sistema tolemaico-aristotelico e a renderà la prima materia parte della seconda (e della Matematica), non più un ramo della filosofia e della geometria. A preparare il terreno a Newton, oltre che Galilei e Keplero, furono anche Robert Hooke (1635-1703) e John Flamsteed (1646-1719). Il primo, oltre ad una corrispondenza diretta con Newton², contribuì anche con tre supposizioni pubblicate in appendice al suo *Attempt to Prove the Motion of the Earth*, nelle quali abbozza le idee della forza gravitazionale e del principio d'inerzia. Flamsteed, invece, portò l'attenzione di Newton anche sulle comete: lo mise al corrente che, secondo il suo pensiero, la cometa che era comparsa in direzione del Sole nel 1680 era la stessa che era apparsa in allontanamento dal Sole nel dicembre dello stesso anno. Mentre Flamsteed proponeva che la cometa fosse passata davanti al Sole, Newton propose che potesse esser passata dietro ad esso. Decisiva fu la persona di Halley, che in occasione della visita nel 1684 ricevette risposta al problema sulla

²In questa corrispondenza Hooke lo informava della sua teoria sul fatto che i corpi risentissero di una forza di attrazione da parte del Sole con andamento inversamente proporzionale al quadrato della distanza da esso (cioè proporzionale ad r^{-2})

forma generale dell'orbita di un corpo ruotante intorno ad un altro sotto l'azione di una forza che va come r^{-2} : ellittica. La figura di Newton e i suoi contributi, tra i quali la mutua interazione, la spiegazione delle maree, la teoria sulle comete e la scomposizione della luce, vengono descritti in modo più approfondito nel relativo capitolo (A.6). Vale la pena soffermarsi sulla controversia tra cartesiani e newtoniani e sui punti che caratterizzano gli approcci delle due scuole. Il primo punto dove le due teorie subirono un forte confronto fu la forma della Terra: mentre la prima, infatti, voleva una terra schiacciata all'equatore e allungata ai poli per effetto dei vortici, la seconda prevedeva una terra schiacciata ai poli e rigonfia all'equatore. La necessità di poter capire la forma del geoide terrestre deriva anche dalla difficoltà di accettare il concetto di *forza di attrazione*, che, essendo una forza a distanza, sembrava rimandare a proprietà occulte. Per poter effettuare delle misurazioni e comprendere la reale forma terrestre, l'Académie Royale des Sciences finanziò due spedizioni con lo scopo di misurare le differenze nella latitudine tramite le differenze nel tempo locale, una in Lapponia e una in Perù. Tra i partecipanti alle spedizioni vi fu anche Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), matematico, naturalista, diplomatico, filosofo francese e forte sostenitore della teoria newtoniana. Le due spedizioni, seppur rilevassero una possibile preponderanza della forma schiacciata ai poli, non furono però risolutive per la scelta tra le due teorie. La vera svolta avvenne grazie ad un'opportunità offerta dal cosmo: nel 1759 fece la sua ricomparsa quella che sarà chiamata Cometa di Halley, perché prevista ben due generazioni prima proprio dall'astronomo. Se la meccanica newtoniana permetteva la previsione di un fenomeno complesso e poco compreso come le comete doveva essere valida: per i cartesiani, infatti, le comete non compivano traiettorie chiuse, a differenza di quanto sostenuto dai newtoniani.

2.2 Astronomia nel Settecento

Già dopo la seconda metà del Seicento l'astronomia aveva cominciato a seguire una strada più osservativa e avevano cominciato a proliferare telescopi e loro miglioramenti. Dopo il telescopio di Galilei puntato verso il cielo, Newton rivelò alcuni limiti dello strumento dovuti all'aberrazione cromatica delle lenti e propose l'utilizzo degli specchi, presentando un telescopio a riflessione. Pur essendo conosciute altre configurazioni, come ad esempio quella proposta da Gregory e nota come "gregoriano" e quella dovuta a Cassegrain, il telescopio newtoniano era molto usato nel Settecento perché era strumento di grande luminosità grazie all'uso di un solo specchio curvo. Questo permetteva l'osservazione anche di oggetti di debole luminosità, pratica che in questo secolo conosce un periodo di diffusione. Sempre dal punto di vista tecnico i telescopi sono ormai veri e propri strumenti di misura: fin dal 1659 con la scoperta di una forma di micrometro oculare questo aspetto viene sviluppato e approfondito, con nuovi micrometri; gli strumenti di

misura lentamente cominciano a montare piccoli telescopi. L'utilizzo di strumenti per aiutare l'occhio umano nelle misurazioni viene osteggiato da alcuni scienziati del periodo, primo tra tutti Hevelius, che pure dispone del migliore osservatorio dell'epoca. Sempre sul finire del Seicento, Ole Römer (1644-1710) diede un contributo decisivo sia sul piano teorico sia sul piano tecnico, permettendo lo sviluppo di entrambi gli ambiti nel secolo successivo. Per quanto riguarda il primo ambito, egli dimostra che la velocità della luce è finita. In campo tecnico, invece, costruisce il primo strumento di precisione per la misurazione dei transiti al meridiano, i quali permettono la definizione della longitudine dell'osservatorio.

Il problema della determinazione della longitudine è molto sentito nel Settecento, soprattutto nei viaggi mercantili da e per le Americhe. L'attenzione si focalizza allora sulla Luna e la mancanza di tavole (effemeridi) attendibili si dimostra il principale problema. Anche nell'edizione del 1713 dei *Principia* gli errori ammontano ad alcuni minuti d'arco e bisogna aspettare il 1731 per la comparsa del primo quadrante a doppia riflessione (antenato del sestante). Finalmente nella seconda metà del secolo Tobias Mayer (1723-1762) crea delle tavole del Sole e della Luna usando le equazioni di Leonardo Eulero (1707-1783), permettendo anche l'uscita del primo numero dell'annuale *The nautical Almanac*. Nel frattempo lo stesso problema viene affrontato da un altro punto di vista: sapendo che una differenza nel tempo locale di 1 ora di traduce in una differenza in longitudine di 15° , l'orologiaio inglese John Harrison (1693-1776) produce il primo cronometro di marina, detto H1. Dopo vari miglioramenti Harrison parte per le Barbados per testare l'H4 e, superato un ulteriore test compiuto da Cook con il suo viaggio ai tropici ed in Antartide, questi cronometri divennero la soluzione preferita dai marinai. Nelle vicinanze dei porti principali sorgono osservatori con il compito di misurare accuratamente l'ora del mezzogiorno per permettere il controllo di cronometri tramite apposite segnalazioni.

Anche i telescopi rifrattori vengono migliorati grazie all'invenzione dell'obiettivo acromatico da parte di Chester Moor Hall (1703-1771), ma brevettato da John Dollond (1706-1761), che la comunica alla Royal Society nel 1758. Gli strumenti sempre migliori permettono osservazioni più accurate. Seppure lo studio delle stelle variabili, note fin da Hevelius (1611-1687) e Montanari (1633-1687), viene abbandonato, quello della parallasse trova ancora sviluppo per la determinazione della scala delle distanze stellari. Riguardo a questo, già le ricerche di Newton e Bradley (1793-1792) rendono chiaro che le distanze fuori dal Sistema Solare vanno misurate in milioni di UA. Bradley è importante per lo studio stellare: egli capisce infatti che la posizione della stella dipende anche dalla velocità della Terra. Il fenomeno, descritto nel 1728, è noto come "aberrazione della luce" e la sua teorizzazione segna l'inizio dell'epoca dell'astronomia esatta; inoltre, si pone come prova del moto della Terra attorno al Sole e della velocità della luce come costante della natura. Scopre anche la nutazione dell'asse terrestre.

Altri fondamentali scienziati del Settecento sono Jean Le Rond d'Alambert (1717-1783), parigino; Alexis-Claude Clairaut (1713-1765), parigino; Joseph Louis Lagrange (1736-1813), torinese e Pierre Simon de Laplace (1749-1827). Essi applicano tecniche implicanti l'uso delle serie e, pur essendo costretti ad operare approssimazioni valutando quali termini possano essere significativi e quali no, permettono di trattare il tutto in modo matematicamente rigoroso. L'astronomia evolve così su tre grossi settori: il settore teorico, il settore cosmologico ed il settore osservativo.

Il settore teorico conosce un impulso enorme grazie a Laplace e Lagrange. Già negli anni in cui a Padova si stava recuperando la tosse del Castel Vecchio per farla diventare Specola, a Torino il primo dimostra con un alto grado di approssimazione che le attrazioni tra due pianeti non possono causare un mutamento unidirezionale permanente nella distanza Sole-pianeta. Lagrange, invece, mostra che le variazioni secolari delle inclinazioni delle orbite dei pianeti rispetto all'eclittica e nella posizione della linea dei nodi sono oscillatorie e periodiche, con periodi di migliaia di anni. Questo tipo di analisi venne applicata anche ad altre orbite da Laplace. Non sorprende, quindi, che i loro volti siano raffigurati sulla volta della Sala delle Figure nella Specola. Le loro scoperte proseguono a ritmo serrato anche nella seconda metà del secolo. Laplace conclude che la variazione di accelerazione di Giove e di Saturno (decelerato) ha un periodo di novecento anni e dipende dalle posizioni relative di Giove, Saturno e Sole; per teorizzarla sviluppa in serie l'eccentricità e l'inclinazione delle orbite, approssimandole al terzo ordine. Successivamente trova una causa anche per l'accelerazione solare della Luna nell'effetto secondario della riduzione corrente dell'eccentricità dell'orbita terrestre, con conseguente riduzione dell'azione solare netta sul corpo celeste. Sebbene parziale, la spiegazione è corretta. Nel suo *Exposition du système du monde* del 1796 Laplace descrive un Sistema Solare stabile e tenta anche una spiegazione della sua origine: la formazione dei pianeti e dei loro satelliti per condensazione di una miriade di particelle, reciprocamente attratte, formanti un'iniziale gigantesca nebulosa o vortice rotante attorno al Sole. L'imponente *Traité de mécanique céleste* in cinque volumi, del 1799-1825, diventa il libro basilare di astronomi e studiosi di meccanica celeste e fisserà metodi e problemi della ricerca successiva.

Si riconosce nel Settecento anche l'inizio dell'interesse verso lo studio cosmologico: l'universo di stelle fisse in quiete di Newton comincia a rivelare la sue falle logiche già mentre lo scienziato è in vita. Egli ricorre all'intervento divino per riportare lo status quo quando necessario e scongiurare il collasso. Nel frattempo altre visioni si sviluppano e prende piede quello che nell'Ottocento diventerà il "paradosso di Olbers", risultato di un modello basato sulla luce emessa collettivamente dalle stelle e non sulla gravità, ma spiegato in modo superficiale in entrambi i secoli. L'argomento cosmologico è strettamente legato alla ricerca dei moti propri stellari e alla forma del sistema stellare nelle vicinanze terrestri; quest'ultimo

punto risente della poca considerazione fino ad ora dimostrata verso la Via Lattea e trova un inaspettato contributo in Kant (1724-1822), che propone la forma di un disco continuo. Basandosi su osservazioni di Maupertuis, egli infatti propone che vi siano più sistemi stellari e che alcuni abbiano forma ellittica solo perché visti "di faccia". La forma corretta deve quindi essere il disco. Soltanto con Hershel (1738-1822) e la sorella Caroline (1720-1848), però, viene intrapreso uno studio sistematico della regione del cielo della Via Lattea.

Quel che si nota nell'astronomia del Settecento è il ricorso a dati ed osservazioni a supporto (o anche per l'elaborazione) delle teorie. Da Galilei in poi, infatti, l'approccio di problemi astronomici e fisici è profondamente cambiato. Nel campo stellare ad esempio viene intrapresa un'opera di confronto delle posizioni registrate nei vari secoli precedenti con quella corrente per cercare di determinare l'esistenza o meno di moti propri stellari. Halley, in particolare, trova che le latitudini di tre delle stelle più splendide come descritte da Tolomeo sono spiegabili solamente supponendo un movimento delle stesse nel millennio trascorso. Tuttavia il metodo presenta due problemi: il primo è che tali mutamenti di posizione si accumulano nei secoli e quindi l'esattezza delle posizioni registrate ed il tempo della loro registrazione incidono sulla possibilità di riconoscere il moto. Il secondo è l'assenza della correzione delle posizioni per gli errori introdotti dall'osservazione da Terra: nemmeno Brahe tiene conto della rifrazione atmosferica per le stelle più basse all'orizzonte. La scoperta da parte di Bradley, grazie ai nuovi dati disponibili, dell'aberrazione della luce e della nutazione dell'asse terrestre rendono necessaria una correzione ulteriore. Gli ulteriori dati raccolti da Bradley e la catalogazione di tremila stelle con posizioni corrette effettuata da Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) nel *Fundamenta astronomiae* (1818) permettono di individuare nel 1755 l'anno di riferimento da cui iniziare il confronto per lo studio dei moti propri. In seguito alle sue osservazioni sistematiche Hershel trova evidenze del moto del Sole in direzione di λ Herculis alla fine del Settecento. Sempre per il suo metodo rigoroso nello scandagliare il cielo, Hershel scopre anche il primo nuovo pianeta: Urano. Avvistatolo per la prima volta il 13 Marzo 1781 nella costellazione dei Gemelli, egli dimostra che si tratta di un oggetto del Sistema Solare e, anche se supposto essere una cometa, l'avvistamento viene riportato all'astronomo reale e al professore di astronomia di Oxford da un amico di Hershel, rendendo presto chiara la natura dell'oggetto. Questo assicura allo scienziato un vitalizio che gli permette di lasciare la musica e dedicarsi totalmente all'astronomia.

La scoperta di Urano innesca un programma di controllo sistematico del cielo alla ricerca del "pianeta sconosciuto". La posizione del nuovo arrivato, infatti, è in accordo con una legge nota fin dall'inizio del secolo, riformulata da Bounett, della sequenza di distanza tra i pianeti:

$$4, \quad 4 + 3, \quad 4 + 6, \quad 4 + 12, \quad 4 + 48, \quad 4 + 96$$

che nel 1772 porta Boode a convincersi dell'esistenza di un pianeta non scoperto

in $4 + 24$, tra Marte e Giove. La legge sarà nota come *legge di Boode*. Ad anticipare questa ricerca sistematica che dovrebbe coinvolgere più astronomi di tutta Europa è Giuseppe Piazzi (1746-1826) che l'1 Gennaio 1801 scopre Cerere in una posizione in buon accordo con $4 + 24$. Cerere in realtà è un asteroide, ma viene inizialmente creduto un pianeta.

Alla fine del Settecento, quindi, il Sistema Solare e l'universo cominciavano da avvicinarsi alla visione attuale.

Capitolo 3

Storia della Specola di Padova

Dopo la metà del 1700 l'Università di Padova, fondata nel 1222 e che pur aveva visto succedersi all'insegnamento dell'Astronomia personaggi del calibro di Pietro d'Abano (1250-1316), Giovanni Dondi (1330-1388) detto "Dall'orologio" (costruttore dell'astrario), Georg von Peurbach (1423-1461), Giuseppe Moleti (1531-1588), Galileo Galilei (1564-1642), ma anche Camillo Glorioso (1572-1643), Bartolomeo Sovero (1576-1629), Andrea Argoli da Tagliacozzo (1570-1657), Geminiano Montanari (1633-1687) e Giovanni Poleni (1683-1761), ancora non era dotata di una Specola per le osservazioni astronomiche. Nel resto d'Europa, infatti, già dal XVII secolo erano sorte specole ed osservatori istituzionali: la Francia con Luigi XIV aveva l'osservatorio di Parigi, fondato nel 1667 e diretto da Giandomenico Cassini; l'Inghilterra era dotata del Greenwich Observatory dal 1674, la Danimarca dal 1642 e Berlino dal 1700. Per quanto riguarda invece la situazione italiana, agli inizi del Settecento esistevano diversi osservatori privati, ad esempio erano ancora attive le specole edificate nel secolo precedente: a Panzano dal marchese Cornelio Malvasia, o a Venezia dal nobile Girolamo Correr. Anche Padova aveva una sua specola, ma presso il Seminario e dovuta al cardinale Gregorio Barbarigo, che ebbe anche il merito di promuovere un forte rinnovamento culturale e permettere l'uscita di personalità prestigiose dalla scuola del seminario. Vale la pena sottolineare che tutte queste specole sono segnate dal contributo di Geminiano Montanari, come si vedrà anche più avanti. Le richieste della costruzione di una Specola pubblica universitaria furono accolte nel 1761 e trovarono realizzazione grazie alla collaborazione tra Giuseppe Toaldo, allora alla cattedra di Astronomia e Meteore (*Ad lecturam astronomiae et meteororum*), e l'architetto Domenico Cerato, entrambi di origine vicentina. Tale intesa si allargò anche al matematico della Repubblica di Venezia, Antonio Giuseppe Rossi, permettendo così la scelta dell'ubicazione più idonea: la più alta delle due torri del Castello che era stato prima del "sanguinario" Ezzelino da Romano e poi dei Carraresi. I lavori finirono nel 1777, anche se la strumentazione di cui era dotata non era ancora all'altezza delle specole straniere.

3.1 Richiesta e realizzazione

La cattedra di *Ad lecturam astronomiae et meteororum* all'Università di Padova fu istituita nel 1678, con la chiamata a Padova di Geminiano Montanari. Il quarto professore a ricoprire tale cattedra fu Gian Alberto Colombo (Venezia, 1708; Padova, 1777), che più volte si adoperò nel promuovere appelli per la realizzazione di un osservatorio astronomico pubblico nella città, scrivendo anche al potestà vice Capitano di Padova nel 1757, Francesco Morosini. I suoi appelli rimasero inascoltati e forse anche per quello alla fine chiese ed ottenne il cambio di insegnamento nel 1760.

Solo con il decreto del 2 Maggio 1761, si decise finalmente per l'edificazione di una Specola, grazie all'aiuto economico dell'esubero della *Cassa Matricole*. Giuseppe Toaldo al tempo ricopriva la cattedra che era stata di Colombo e gli venne dato il compito di visitare le specole pubbliche di Bologna e Pisa, per verificare punti di forza e criticità in vista della progettazione padovana. Da questo viaggio egli si convinse del fatto che a seguire i lavori per la realizzazione dovesse esserci un astronomo e fece in modo di rendere ben chiara tale convinzione. Gli venne quindi affidato anche questo compito ed egli scelse come architetto Domenico Cerato, suo compagno di studi in Seminario, del quale aveva grande stima e che riteneva più che adatto alla sfida. La Repubblica chiese anche ad Antonio Giuseppe Rossi, matematico della Repubblica, di stimare i costi e di approvare le scelte del luogo e dei lavori. Infatti, il primo luogo a cui si era pensato fu la Torre del Bo, ma Toaldo suggerì che venisse invece usata la più alta delle due torri del Castello di Padova, scelta appoggiata anche dal matematico. Il progetto prevedeva i vari recuperi funzionali degli spazi interni e l'innalzamento di un nuovo piano al di sopra del livello delle merlature. La torre venne svuotata dalle polveri, dato che al tempo era usata come polveriera ed il 21 Marzo 1767 Cerato ricevette ufficialmente le chiavi di accesso, potendo così dare inizio ai lavori¹. Il loro proseguimento, però, avvenne abbastanza a singhiozzo, in quanto dipendente dalle disponibilità della Cassa Matricole, ed il costo finale fu più elevato più del previsto. Dopo che un fulmine aveva arrecato dei danni alla struttura Toaldo decise di installare anche un parafulmine, che fu collocato in loco nel 1773 e fu il primo parafulmine della Serenissima. Sempre Toaldo decise di chiamare Giacomo Ciesa per affrescare la Sala delle Figure e ne scelse i soggetti.

Nel 1777, completati i lavori, la Specola diviene operativa, anche se ancora un po' arretrata dal punto di vista strumentale, settore pian piano ammodernato successivamente. Segue un periodo di attività, durante il quale Toaldo si dedica soprattutto alle osservazioni meteorologiche, aiutato dal preciso nipote Vincenzo Chiminello. Il 5 Giugno 1776 viene aperto il foro gnomonico e viene collocata la corrispondente piastra gnomonica in corrispondenza nella parete interna, nella

¹Proprio il 21 Marzo 2017 prenderanno avvio le celebrazioni per festeggiare i 250 anni della Specola.

Sala della Meridiana. Ciò permette di iniziare le operazioni di rilevazione necessarie per il tracciamento della meridiana sull'apposita lastra di marmo. Seguono delle osservazioni, che si estendono nell'arco temporale dal 1777 al 1779, volte alla determinazione della longitudine e della latitudine dell'osservatorio, informazioni necessarie, ma anche delicate da ottenere. Allo scopo Toaldo si fa aiutare, anche per quanto riguarda l'apparato strumentale necessario, dal geografo Antonio Rizzi Zannoni; quest'ultimo dona poi alla Specola la *TESA PARIGINA*. Questo strumento è un'unità di misura di lunghezza usata prima del sistema metrico decimale e corrisponde a 1,949037 m; suddivisa in 6 piedi, 72 pollici, 864 linee e 10 368 punti, è costituita da due sbarre di acciaio lunghe due metri e di forma tale da permettere l'incastro, la più interna delle quali contiene le suddivisioni progressive e la l'incisione della firma.

Lo strumento forse più imponente e più prestigioso di cui viene dotato il nuovo osservatorio è il *QUADRANTE MURALE* fabbricato da Jesse Ramsden (1735-1800) a Londra e giunto a Padova nel 1776. Esso venne fissato ad muro apposito ed orientato precisamente lungo l'asse Nord-Sud nella Sala della Meridiana, in corrispondenza di un'apertura già effettuata. Si tratta di uno dei più grandi quadranti realizzati dall'artigiano inglese e la sua completa installazione richiede tre mesi; serve per la determinazione delle distanze zenitali degli astri al loro passaggio in meridiano. Nel lembo riporta due tipi di divisioni: una interna, sessagesimale, graduata ogni 5' ed una esterna, in 96 parti divise in sedicesimi. Presenta come traguardo un cannocchiale con lenti acromatiche, scorrevole lungo il lembo e dotato di reticolo filare, che porta con sé il nonio; una vite micrometrica permette il puntamento di precisione. Sempre di Ramsden è anche il *Sestante*, arrivato circa nel 1780, usato per misurare le distanze angolari e formato da un sesto di circolo (per una descrizione dettagliata si rimanda alle schede di [Pigatto 2007]).

Nel frattempo vengono acquistati anche un *OROLOGIO A PENDOLO* da Zuane Riva, primo orologio della Specola e più volte riadattato da Rodella² e modificato nel secolo successivo. Consiste semplicemente in un'asta di legno allungabile o accorciabile di quantità stabilite. Vengono comprati anche alcuni piccoli cannocchiali, alcuni di artigiani locali e altri usati dal Collegio veneziano dei Gesuiti, assieme ad un altro orologio a pendolo³ dotato di uno dei primi sistemi di compensazione, con carica a caduta, arrivato nel 1778 circa ed usato appunto per il tempo medio.

Altri strumenti arrivano da Ruggero Boscovic (1711-1787), direttore destituito della Specola di Brera, ad esempio un *TELESCOPIO* con configurazione gregoriana⁴ arrivato nel 1773 ed utilizzato da subito per le osservazioni di eclissi lunare e

²Rodella viene assunto, su indicazione di Toaldo, come custode dell'Osservatorio. Noto per la sua abilità come costruttore e riparatore di vari strumenti, sarà un aiuto indispensabile nel mantenere funzionante la strumentazione (spesso di seconda mano), soprattutto nei difficili anni degli sconvolgimenti politici dovuti alla caduta della Repubblica.

³ la sola Sala della Meridiana necessitava di almeno due orologi, uno regolato sul tempo medio ed uno regolato sul tempo siderale.

⁴specchio primario parabolico e secondario a sezione ellittica, concavi.

occultazioni stellari. Sempre da Brera arriva un altro OROLOGIO A PENDOLO con il quale vengono regolati gli orologi del terzo dipartimento della Marina all'Arsenale di Venezia; costituito da un quadrante con due cerchi separati, a Padova viene dotato di pendolo con compensazione di Berthoud e successivamente modificato ancora con un sistema che permette al pendolo di mantenere inalterata la sua lunghezza complessiva.

Il conte Alvise Zenobio (1757-1817) donò diversi strumenti dopo la sua espulsione dall'Inghilterra, nel 1794. Tra questi:

- **CANNOCCHIALE:** costruito a Londra, in ottone, ed in origine dotato di lente obiettiva non acromatica; ha montatura altazimutale. Più volte modificato nei secoli successivi;
- **QUADRANTE MOBILE:** è sostenuto da una robusta montatura di legno e ferro dotata di rotelle per facilitarne gli spostamenti. Con lembo graduato in modo analogo al quadrante murale, fu utilizzato per misure di posizioni stellari. Il nonio agganciato al supporto permette al cannocchiale di scorrere sul lembo, mentre il cerchio graduato azimutale permette la determinazione dell'azimut; viene messo in stazione grazie ad una livella a bolla sul retro del cerchio che costituisce l'intelaiatura centrale ed è dotato di un manubrio per una corretta distribuzione del peso ed una maggiore stabilità. Migliorato nell'Ottocento con un rifrattore acromatico;
- **GLOBO CELESTE e GLOBO TERRESTRE:** sorretti da un tripode di mogano, hanno l'orizzonte del diametro di 50 cm circa;
- **OROLOGIO A PENDOLO:** la lancetta dei minuti gira attorno al quadrante principale, mentre quella dei secondi ruota decentrata superiormente. Attualmente dotato di un sistema di compensazione a leva, diverso dall'originale.

Alla fine del Settecento sono presenti all'osservatorio anche lo STRUMENTO DEI PASSAGGI e la MACCHINA PARALLATTICA, necessari per le coordinate celesti, più una SCATOLA DI COMPASSI, uno di divisione ed uno di proporzione in ottone. Si ha nota anche di un GIOVILABIO, uno strumento ideato da Galileo per determinare il moto dei quattro satelliti medicei attorno a Giove, formato da cinque cartoni circolari rotanti intorno ad un perno centrale: il cerchio più esterno rappresenta l'eclittica, divisa in dodici parti, mentre gli altri quattro dischi individuano i satelliti, ognuno con il proprio periodo di rivoluzione.

Man mano che l'attività osservativa della Specola va avanti vengono aggiunti altri strumenti (o modificati quelli esistenti). Per un elenco esaustivo e dettagliato si rimanda sempre a [Pigatto 2007].

3.1.1 Giuseppe Toaldo

Giuseppe Toaldo nacque a Pianezze, nella Pedesteria di Marostica, l'11 luglio 1719. Di condizioni modeste, anche se non povero, la sua famiglia dipendeva dagli esiti stagionali dei prodotti della terra. Le sue origini ebbero profonda influenza sulla sua personalità: egli rimase molto legato al sapere contadino e questa sua formazione culturale si rende esplicita anche nei suoi interessi accademici. Un esempio è il ruolo centrale che la Luna rivestì nella sua visione meteorologica, intrisa della ciclicità tipica della visione contadina. La sua teoria dei "punti lunari", come riportata in [Casati 1997]:

Dalla determinazione dei punti più efficaci della luna sulle maree Toaldo enuncia i Punti lunari che definisce «que' tali siti, nei quali si trova successivamente nel suo non eguale corso la Luna, rapporto al Sole, ed alla terra, ove alterando col Mare l'Atmosfera, suole indurre alterazione di tempo». Al plenilunio, al novilunio, ai due quarti e ai tradizionali punti lunari di popolare conoscenza, aggiunge il Perigeo, l'Apogeo e i due equinozi definiti, dal celebre astronomo, Joseph-Jérôme Lefrançois de Lalande, lunistizio boreale e lunistizio australe

lega i cambiamenti atmosferici alle influenze della Luna, ma non con forze occulte, bensì con cause fisiche e meccaniche (calore, movimento degli astri, luce e forza gravitazionale). L'ammirazione per Lalande venne testimoniata anche nella costruzione della Specola: Toaldo fece collocare nella parete est a sinistra della porta di ingresso alla Sala dell'Iscrizione un ritratto; inoltre, ne tradusse in italiano il *Compendio di Astronomia* per uso degli studenti, seguendo la sua preoccupazione di fornire loro testi validi, aggiornati e possibilmente economici. Per lo stesso motivo pubblicò il *Compendio di trigonometria piana e sferica applicata alla pratica*(1769), e *l'Introduzione alla dottrina della Sfera e della Geografia per uso delle scuole*(1775).

Entrò nel Seminario vescovile di Padova il 1 Dicembre 1733 all'età di quattordici anni, dopo una prima istruzione in terra vicentina. Aveva un buon rendimento scolastico e, nonostante gli studi scientifici fossero poco documentati, compensò da autodidatta in alcuni settori. Infatti il Seminario non forniva una buona base per quanto riguarda la geometria analitica e l'analisi matematica, nonostante un mutamento nel quadro di riferimento degli insegnamenti da geo-elio-centrico in astronomia e aristotelico in cosmologia ad aristotelico in ontologia e filosofia naturale con elementi newtoniani e kepleriani. Il percorso di studi prevedeva tre anni di lettere umane e retorica, seguiti da due di filosofia (uno di logica e uno di filosofia naturale) e quindi altri tre anni di teologia. Alla mancanza in alcuni insegnamenti sopperiva il fondo scientifico della biblioteca del Seminario, le opere stampate dalla tipografia sempre del Seminario e probabilmente anche l'eredità tecnica e osservativa della specola eretta da Barbarigo (e poi scomparsa). Si laureò nel 1742 e nello stesso anno gli fu affidato l'insegnamento delle lettere latine nel Seminario e poi quello di matematica. Toaldo si interessò agli argomenti di

Studi ed istruzione

*Insegnamento al
Seminario*

Figure influenti

insegnamento e si rivolse all'esterno per ampliare le proprie conoscenze, principalmente all'università. Questa si trovava in una fase di transizione, e stava assumendo un carattere sempre più sperimentale, a scapito del vecchio enciclopedismo aristotelico-tolemaico. Negli anni tra il 1744 ed il 1746 all'università erano presenti tre professori che influenzeranno la formazione di Toaldo: Poleni, Riva e Suzzi [Baldini 1997]. Il primo, pur non avendo un rapporto di didattica attestato con il futuro fondatore della Specola, fornì le osservazioni meteorologiche di base per i suoi studi, in particolare per il metodo dei Punti lunari. Importanti per Toaldo erano infatti il metodo osservativo e la statistica, che necessitava di molti dati. Sempre dal Poleni potrebbe aver appreso anche nozioni base di architettura, fondamentali nel compito di affiancare l'architetto, scegliere il luogo e seguire i lavori della Specola e anche determinanti nel suo sostegno alla fondazione della scuola di Architettura di Cerato. Il Riva era amico di Suzzi ed aveva interessi molto vicini a quelli di Toaldo. Suzzi, invece, viene riconosciuto dall'astronomo come maestro in matematica avanzata, in particolare con il calcolo cartesiano e leibniziano, e probabilmente apprese da lui molti dei fondamentali di questo ambito. Un'altra personalità che influenzò molto lo scienziato fu l'abate Antonio Conti, che gli fece da tramite con la scienza contemporanea, l'analisi e la meccanica newtoniana, quindi con tutto quel fermento della cultura scientifica internazionale. Probabilmente ascoltò anche lezioni di anatomia di Morgagni [Pigatto 1997]. Fu un bravo insegnante, con particolare inclinazione all'uso pratico delle matematiche e la sua formazione come si vede ha componenti molto differenziate, diversa dalla tipica formazione scolastica e segnata dai molteplici interessi e da studi autonomi.

Le Opere di Galileo

La meteorologia

Nel 1743 venne ordinato sacerdote dal cardinale Carlo Rezzonico di Padova. Nel frattempo fu curatore della stampa delle *Opere* di Galileo: autorizzato dai superiori, si fece carico di convincere i Riformatori dello Studio a concedere l'imprimatur per stampare il *Dialogo dei massimi sistemi*, dimostrando già il carattere diplomatico che gli permetterà di chiedere ed ottenere secondo le proprie condizioni la costruzione dell'Osservatorio. L'opera galileiana lasciò nello scienziato un profondo segno, e tale impronta ritornò chiara anche nella prima opera stampata, *Il Saggio Meteorologico* (1770), che segnò anche l'inizio del suo percorso scientifico. Spinto dall'interesse per la meteorologia e le applicazioni di questa all'agricoltura, pubblicò sul *Giornale Astro-Meteorologico*, vinse un premio della Società reale di Montpellier e diede alla stampa *La meteorologia applicata all'Agricoltura* (1775); aderì anche, assieme al nipote Chiminello, alla rete osservativa fondata da Karl Theodor. Toaldo era convinto dell'influenza lunare sulla Terra testimoniata dalle maree: era sostenitore del fatto che la forza gravitazionale lunare prima di agire sulle masse fluide terrestri agisse sull'atmosfera, provocando mutamenti di tempo (da qui il metodo dei punti lunari).

Montegalda

Nel 1752 divenne arciprete a Montegalda, contribuendo a renderla un centro di ritrovo culturale per i suoi amici, tra i quali Cerato, e con meno incombenze

di insegnamento da assolvere potè dedicarsi alla stesura della biografia dell'abate Antonio Conti. Il compito era delicato, in quanto su Conti pendeva un'accusa di eresia. Fu amico di Melchiorre Cesarotti, che probabilmente lo convinse anche a pensare alla possibilità di una cattedra e, forse, lo aiutò anche ad ottenerla. Infatti, dopo la morte di Suzzi ed il trasferimento ad altra cattedra di Colombo, nel 1764, gli venne proposta la cattedra di "Astronomia e Meteore" a Padova. Come riportato anche in [Pigatto 1997]:

[. . .]attrovandosi per tale motivo vacante quella di Astronomia, e Meteorii, da cui fu traslato il detto P. Colombo, praticò il Mag. de Riff. dello Studio di Padova le maggiori attenzioni sue per trovare soggetto che degnamente lo ricuopra. Fissate pertanto le di lui osservazioni sopra la degna persona del D.^e Arcipr. Giuseppe Toaldo da Vicenza, che per le informazioni ritratte è fornito di virtù, e di talenti per utilmente esercitarla; [. . .]aggiungendogli anche l'incombenze delle lezioni di Geografia"⁵

Nel 1766 iniziò le osservazioni meteorologiche a Padova e alla fine dello stesso anno si trasferì nella casa del Munizioner assieme a Cerato per affiancarlo meglio nei lavori alla Specola. Grazie alla sua preparazione, infatti, Toaldo risultava idoneo alla valutazione dell'edificio sia dal punto di vista strutturale sia dal punto di vista astronomico. Fu proprio per la valutazione della necessità di un orizzonte libero ed ampio che scelse come edificio adatto allo scopo la torre più alta del Castel Vecchio, sul Naviglio. Sempre sua è la decisione di abbellire il nuovo osservatorio; il suo amore per l'arte si fa presente anche nell'ospitalità offerta ad Antonio Canova quando questi si trovò a passare per Padova. Molti altri dettagli testimoniano il suo intervento nel riadattamento della torre, ad esempio il pozzo del pendolo ed il foro gnomonico nella Sala della Meridiana. Grazie alla sistemazione della Specola Cerato, di concerto e con il sostegno di Toaldo, poté aprirvi una scuola di Architettura nel 1771, anno della visita dei Riformatori al futuro Osservatorio.

La Specola

L'utilizzo di strumenti di seconda e terza mano, l'inclinazione di Toaldo a ritenere l'astronomia utile più che altro allo sviluppo di geografia, cronologia, nautica ed agricoltura, probabilmente giustificano il suo scarso contributo in questo campo. D'altra parte, però, egli era tenuto in notevole considerazione dai Riformatori, tanto che si rivolsero a lui nel 1789 per chiedere una relazione sui disordini seguiti all'introduzione dell'orologio oltremontano, avvenuta l'anno prima. Alla caduta della Serenissima nel maggio 1797 l'orologio francese, che era stato abolito per il ritorno a quello italiano nel 1794, venne reintrodotta e a Toaldo, membro del comitato di pubblica istruzione, venne affidato il compito di redigere il manifesto per istruire il popolo [Pigatto 1997]. Morì a Padova l'11 Novembre 1797 e venne seppellito nella Chiesa di Sant'Agata.

⁵Archivio di Stato di Venezia, d'ora in poi ASV, *Riformatori*, filza 32.

3.1.2 Domenico Cerato

Domenico Cerato, nato forse a Mason il 4 agosto 1725, fu un architetto e religioso italiano. La probabile data di nascita si trova nei registri di iscrizione al Seminario di Padova, come riportato anche da [Ferrighi 2002]:

Dominicus Cerati filius Bernardini, et Matthiae Vicentinus annorum 18
complectorum die 4 Augusti [..]

Venne adottato dai conti Francesco Cerato Loschi e Carlina Capra e iniziò gli studi alle scuole pubbliche dei Gesuiti in Vicenza, entrando successivamente al Seminario della stessa città. Ricevette la prima tonsura⁶ con dispensa del Vescovo per il suo *defectu natalium* all'età di 15 anni, pochi mesi dopo la morte della madre adottiva che lo designò come erede del proprio patrimonio alla morte del marito. Ricevette quindi i primi tre ordini minori⁷ nei tre anni successivi e poi si trasferì al Seminario di Padova per proseguire gli studi nella classe di "Humanitatem Majorem", seguendo le lezioni di Antonio Zabeo di "Theologicas Morales". Degli ordini maggiori l'unica traccia scritta rimane per il diaconato, che gli venne conferito nel settembre del 1737 a Padova, mentre il presbiterato lo ricevette a Vicenza forse nell'anno successivo. Certamente lo aveva già nel 1739, infatti all'apertura del testamento del padre in quell'anno si legge:

[..]allevato col cognome di Cerato, e fatto educare, sin tanto che col
divino aggiunto è arrivato ad essere Sacerdote Prete il Reverendo Don
Domenico Cerato [..]

Alla morte del padre, nel 1747, Domenico ereditò per volere del genitore molti dei capitali, una parte del palazzo in contrà Carpagnon, tutti i beni mobili delle case nella città e nella casa Dominicale di Mason e tutto ciò che proveniva da una vecchia eredità Loschi. Desiderando tornare a frequentare lo stimolante ambiente padovano, alla morte del padre si trasferì nuovamente a Padova. Probabilmente già durante gli studi condotti con i Gesuiti si interessò di architettura, ma non ci sono fonti che permettano di risalire a quando e dove abbia perseguito questi studi. A detta dello stesso Domenico nella lettera all'abate Carlo Innocenzo Frugoni, però:

[..]sin da' miei primi anni da natural genio fui sempre portato a questa
Scienza, e che per tal motivo ho fatto dal conto mio, come privata
persona, ho potuto fare, acciochè nella mia Patria e forse ancora ritorni
il buon gusto antico della medesima [..]

Sicuramente studiò le teorie dei più famosi architetti, dei quali riuscì ad accumulare un numero notevole di libri, patrimonio che poi donerà poi all'Università

⁶rito di consacrazione a Dio che precede il conferimento degli ordini sacri

⁷I diversi gradi dell'ordine erano suddivisi in due categorie: ordini maggiori, comprendenti episcopato, presbiterato, diaconato e suddiaconato; ordini minori, che comprendono accolitato, esorcistato, lettorato, ostiariato

di Padova per la Scuola d'Architettura. Il suo interesse per l'architettura venne riportato anche nello scambio epistolare con il professore Giovanni Poleni, dove richiedeva informazioni su dei trattati e volumi del settore; proprio grazie a questo scambio, rimase testimonianza anche del precoce rapporto di Domenico con Poleni. Tornato stabilmente a Vicenza, vi fondò una tra le prime scuole di architettura in territorio della Repubblica Veneta, aperta a qualunque cetto, della durata di dieci mesi. Lavorò inizialmente in Vicenza e provincia, dove trovò però un ambiente sottilmente ostile a causa delle sue origini incerte e della sua apertura al cetto operaio [Barbieri 1979]. Trasferitosi a Padova su invito dell'amico Toaldo, per la costruzione della nuova Specola per l'Università, negli anni successivi segnò profondamente l'architettura di questa città. Inizialmente abitò assieme a Toaldo nella "casa del Munizionier", dove entrambi tennero anche scuola, per trasferirsi poi ad abitare nella "Casa dell'Astronomo" dopo il 1775. Venne nominato professore della nuova cattedra di *Architettura pratica civile*, creata appositamente per lui dai Riformatori e nel 1779 entrò nell'Accademia Patavina di Scienze.

*trasferimento
a Padova*

Tra le moltissime opere, oltre la già nominata Specola, vanno ricordate anche Palazzo Civena Trissino dal Vello d'Oro a Vicenza (1750), il Seminario vescovile di Verona, Villa Querini per Angelo Querini, ad Altichiero (Pd), distrutta ad inizio Novecento. Spesso Cerato ebbe incarichi per interventi di "restauro" e riutilizzo di fabbriche, quindi con la necessità di verificare la struttura preesistente e la concezione strutturale, fatto che gli ritornerà come esperienza utile per la realizzazione della Specola. A Padova egli venne anche nominato consulente dell'Arca del Santo per i lavori di nuova pavimentazione nell'area antistante la facciata della chiesa e, in seguito alla fama riconosciutagli per il lavoro alla Specola, divenne anche pubblico architetto, iniziando una lunga carriera di progettista e consulente per lo Studio. Suoi sono l'edificio per la Scuola di agricoltura, il restauro del complesso delle Maddalene per la scuola di veterinaria, la sistemazione di alcune parti della sede del Bo, in particolare la libreria, e l'ampliamento delle terme di Abano. Ben presto alle richieste dall'ambiente universitario si unirono quelle per le autorità pubbliche padovane e veneziane, ad esempio l'ampliamento ed il parziale rifacimento della Camera di città a Padova, o la verifica delle modifiche alle coperture del Palazzo ducale su incarico dalla Serenissima. Una delle opere in assoluto più importanti, però, fu Prato della Valle a Padova, per il quale ebbe mandato dall'amico Andrea Memmo, provveditore della città, nel 1775. Cerato seguì la progettazione e l'esecuzione delle opere in un sodalizio con Memmo molto simile a quello che si era instaurato con Toaldo per la Specola, ed i lavori durarono poco più di un anno; il completamento di tutte le complesse parti, come statue, arredi, opere idrauliche, richiese molto più tempo. Sempre grazie a Memmo, Cerato si occupò del progetto per il nuovo ospedale di Padova, ma non poté seguirne i lavori completamente in quanto il cantiere, iniziato nel 1778, continuò anche dopo la sua morte, sotto la direzione dell'allievo e assistente Daniele Danieletti. Il suo ultimo

Opere maggiori

progetto realizzato fu il Seminario vescovile di Rovigo, nel 1779.

Morì a Padova il 30 maggio 1792 e fu sepolto nella piccola chiesa di S.Michele, proprio di fronte alla Specola. Egli fu ricordato con affetto da quanti ne avevano fatto la conoscenza, in particolar modo da Toaldo. Proprio di quest'ultimo pare essere il necrologio in favore dell'amico. Di Domenico Cerato si disse infatti⁸:

[...]beneficiò [la Scuola d'architettura] anche in morte della copiosa sua collezione de' più bei libri d'Architettura, disegni e istrumenti architettonici che possedeva, cogli armadi che teneva sempre aperti ai suoi scolari, [...]Sua rara dote era una certa passione dell'ordine e del perfetto nelle più minime parti: con occhio sicuro scorgeva il minimo difetto; e soffrir non sapeva lo sgravio d'un capello, esattezza rara, che esercitava pure nel suo morale: quindi la fede pubblica di cui godeva: impiegato perciò dal Principe nel peritare le fabbriche e diriger lavori pubblici tanto in Padova che nella Dominante.

3.2 Il dopo Toaldo: Padova cambia radicalmente

I Francesi a Padova

Il 28 Marzo 1797 le truppe francesi occupano la città di Padova e nel Maggio dello stesso anno cade la Repubblica di Venezia. Lo stallo delle truppe in città provocò notevoli difficoltà economiche e psicologiche agli abitanti. Nonostante Toaldo fosse stato nominato membro del comitato di pubblica istruzione, anche per l'astronomo non mancarono i dispiaceri, come la mancata nomina dell'allievo di Cerato, Daniele Danieletti, come successore alla Scuola di Architettura.

Tempi difficili

Alla morte dello zio, Chiminello venne nominato professore alla sua cattedra e direttore della Specola; tuttavia, entrambe le incombenze vennero riconosciute solo temporaneamente dagli austriaci, entrati a Padova il 20 gennaio 1798 in seguito al trattato di Campoformio. Tutte le nomine a professore seguenti il 1797, infatti, vennero ritenute non valide e Chiminello rimase senza stipendio per un anno e mezzo, trovandosi costretto a vendere l'eredità dello zio per sopravvivere. Nonostante la parziale protezione da parte del generale d'armata Anton von Zach, che scelse la Specola come punto trigonometrico fondamentale per le triangolazioni geodetiche e topografiche del territorio padovano, l'astronomo non riuscì a risollevarle le proprie sorti e quelle dell'Osservatorio. Proseguì comunque le osservazioni meteorologiche ed astronomiche da solo, con Bertirosi-Busata come unico aiutante volontario, qualche tempo più avanti.

Gli Austriaci

Ritorno dei Francesi

Nel 1805 Padova tornò sotto il dominio francese per la pace di Presburgo e nell'anno successivo Napoleone emanò due decreti che permisero la ripresa di una sorte positiva: il primo stabiliva l'istituzione di una casa di detenzione nella parte rimanente del castello, l'altro permetteva la conservazione dell'Università di Padova e anche della Specola. Venne incaricato Daniele Danieletti come direttore

⁸Nuovo giornale enciclopedico d'Italia

dei lavori e vennero eseguiti una serie di espropri (o forzature alla vendita) delle aree private limitrofe alle mura. Tra questi venne annessa al Castel Vecchio anche una parte di proprietà dei Mocenigo per permettere la costruzione di un ponte sul Naviglio in modo da dotare l'Osservatorio di un nuovo ingresso⁹. Nel 1807 iniziarono i lavori del ponte, che ancora oggi costituisce l'entrata alla Specola. Da questo momento le sorti cominciarono a risollevarsi, ma Chiminello non fece in tempo a beneficiarne: nel 1811 un "colpo apoplettico" lo lasciò semiparalizzato, costringendolo al ritiro in famiglia a Pianezze. Morì il 16 Febbraio 1815.

*Ponte sul Naviglio:
inizio della ripresa*

Nel 1813, in seguito alle condizioni di salute di Chiminello, la sua cattedra venne assegnata a Giovanni Santini (1787-1877). Questi era un brillante astronomo, formato all'Osservatorio di Brera e nominato astronomo aggiunto a Padova nel 1806 su consiglio del direttore dell'Osservatorio di Milano, Oriani. Approfittando della ripresa anche economica della Specola Padovana e delle sue doti diplomatiche, Santini la dotò di nuovi strumenti. Padova passò nuovamente sotto il dominio austriaco, ma stavolta senza conseguenze negative.

Giovanni Santini

Nel 1817 Santini venne nominato direttore dell'Osservatorio, che venne scelto come punto di riferimento per la mappatura del regno lombardo. L'incarico venne affidato proprio a lui che, una volta concluso il lungo lavoro di osservazioni necessarie durate dal 1824 al 1828, ricevette i ringraziamenti ufficiali e l'elogio del capo di Stato Maggiore austriaco. Tuttavia, gli interessi del nuovo direttore erano più legati al calcolo delle orbite planetarie e cometary: allo scopo fece edificare sulla terrazza sopra la Stanza della Meridiana un piccolo padiglione¹⁰ per alloggiarvi il Circolo Meridiano necessario alla redazione di un catalogo stellare. Un terzo cupolino fu eretto alla sommità della torre nel 1858 per ospitare un nuovo cannocchiale Starke a montatura equatoriale. Dopo anni di osservazioni, Santini poté pubblicare i *Cataloghi Padovani*, che divennero famosi a livello europeo. Grazie all'intensa attività del direttore e dei collaboratori, oltre che alle sorti positive a cui era andata incontro, finalmente la Specola di Padova aveva raggiunto il livello di quelle europee. Questo portò a sua volta all'acquisto di nuovi strumenti e all'aggiornamento dell'insegnamento astronomico anche dal punto di vista della conoscenza strumentale. Nel 1866 il Veneto viene annesso al Regno d'Italia, nuovamente senza ripercussioni negative grazie all'alto prestigio scientifico della struttura e di Santini.

Nel frattempo un giovane Giuseppe Lorenzoni (1843-1914), nonostante gli studi in ingegneria, era divenuto assistente alla cattedra di astronomia con il compito di seguire anche il servizio meteorologico. Curioso ed abile, rimodernò tutta la strumentazione meteorologica dell'Osservatorio e stabilì dei criteri più scientifici per le rilevazioni dei dati giornalieri. Approfittando dell'istituzione di una commissione di astronomi italiani per l'osservazione dell'eclissi totale in Sicilia del

Giuseppe Lorenzoni

⁹ Con la creazione del carcere nella zona del Castel Vecchio, divenne impossibile poter accedere da piazza Castello com'era stato fino ad allora.

¹⁰ ottagonale, in modo da riprendere le strutture geometriche della Sala delle Figure

1870, della quale era stato nominato presidente Santini, convinse quest'ultimo a richiedere l'acquisto di uno spettroscopio che sarebbe poi rimasto alla Specola. Venne nominato membro effettivo della Commissione Geodetica e la sua precisione lo rese noto come il massimo esperto in materia. La determinazione assoluta della gravità, fatta a Padova, lo rese poi famoso in quest'ambito in tutto il mondo. Nel 1877, alla morte di Santini, divenne il quarto direttore dell'Osservatorio. Fu lui a far edificare il padiglione cilindrico sopra il bastione trecentesco che divide il Bacchiglione in due rami, per collocarvi il rifrattore Merz.

Antonio Maria Antoniazzi

I Guerra Mondiale

Nel 1913, poco prima della morte di Lorenzoni, venne nominato direttore il suo allievo Antonio Maria Antoniazzi (1872-1923), già astronomo e titolare della cattedra in Astronomia. Egli si adoperò con varie, ma vane, petizioni per avere finanziamenti volti al rinnovamento del patrimonio strumentario dell'Osservatorio. Quando scoppiò la Prima Guerra Mondiale la torre della Specola venne requisita dai militari per l'avvistamento di aerei nemici: Padova, essendo nelle retrovie, era stata designata ad ospitare la sede del comando supremo.

Giovanni Silva ed il telescopio Galilei

Dopo la fine della guerra, il 31 Dicembre 1923, un decreto ministeriale separò dal punto di vista amministrativo l'Osservatorio dall'Università.

Il sesto direttore della Specola divenne Giovanni Silva (1882-1957), che si adoperò per dotare l'astronomia padovana di un grande telescopio per le moderne ricerche astrofisiche. Fu così che nel 1933 si ebbe l'approvazione del Duce e nel 1942, dopo studio approfondito del sito migliore, venne fondato l'osservatorio di Asiago su progetto dell'architetto Daniele Calabi, per ospitare il TELESCOPIO GALILEI, di diametro 122cm e montatura equatoriale, al tempo il più grande d'Europa.

Leonida Rosino ed il Telescopio Copernico

Nel 1956 Leonida Rosino (1915-1997), professore ordinario di astronomia all'Università di Padova ed assistente di Giovanni Silva, venne nominato direttore dell'Osservatorio di Asiago. Su sua idea, negli anni successivi vennero progettati e realizzati anche due telescopi Schmidt. Negli anni Settanta venne realizzato anche il TELESCOPIO COPERNICO, posto nell'osservatorio di cima Ekar, il quale con un diametro di 182cm è ancora oggi il più grande strumento ottico su suolo italiano¹¹. A lui venne dedicata la stazione osservativa di cima Ekar nel 1997.

Dal 1999, con il trasferimento dello Schmidt 92/67 a cima Ekar, la cupola Pennar venne destinata a sala multimediale e dedicata ad attività educative e divulgative.

¹¹Il più grande strumento italiano è ad oggi il *Telescopio Nazionale Galileo, TNG*, a La Palma, Canarie

Capitolo 4

La Sala delle Figure

Una volta terminati i lavori di stabilità interna della torre, iniziati nel 1769 e terminati nel 1772, Toaldo e Cerato decisero di far affrescare l'interno della cupola e i fianchi della sala delle figure celesti con i 12 segni zodiacali e altre immagini inerenti l'Astronomia. Le pitture furono ideate dall'abate Toaldo e fatte dipingere al pittore vicentino Giacomo Ciesa, che cominciò i lavori nel settembre del 1772 e li terminò nel 1773. Come si legge anche nel *Diario ossia giornale per l'anno bisestile 1788* [Lorenzoni 1921]:

Nell'Osservatorio superiore vi sono delle pitture a fresco ideate dal mentovato Sig^r. Ab. Toaldo e dipinte dal Signor Giacomo Ciesa Vicentino: offrono queste la fascia dello Zodiaco colle figure di suoi dodici segni, e colle stelle che a questi appartengono: al di sopra il sistema di Copernico espresso per mezzo delle favole, ed attorno i muri inferiormente sonovi questi otto celebri astronomi: Tolomeo, Copernico, Ticone, Galilei, Keplero, Newton, Montanari e Poleni.

In un riquadro più piccolo ed in chiaroscuro monocromatico vennero rappresentate sopra a ciascuno dei personaggi scene e figure tratte quasi tutte dalla mitologia greca: il loro significato simbolico è legato al personaggio sottostante e al contributo apportato da ciascuno all'Astronomia. Il Lorenzoni 1921 riporta anche il dettaglio della spesa:

Costo delle pitture lire 1694.

Purtroppo, in seguito a danni causati da infiltrazioni d'acqua dalla terrazza sovrastante, il terzo direttore della Specola, Giovanni Santini, prese la decisione di ridipingere la sala, ma decorando solamente la volta e coprendo le figure a dimensione intera sotto una nuova pittura a tempera ad effetto finto marmo. Le decorazioni aggiunte si estendono dal cornicione dipinto dell'imposta della volta: si tratta di una finta architettura, che riempie le parti di pareti tra gli archi delle finestre; ancora sopra ci sono delle riquadrature delle vele più elaborate con medaglioni circolari raffiguranti i profili di grandi personaggi che hanno segnato la

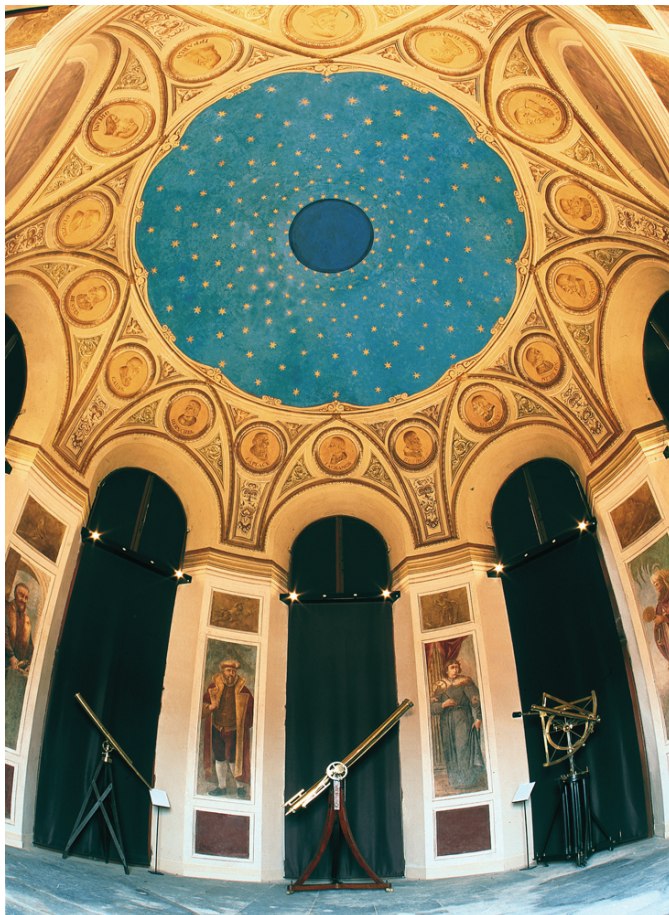
*Rifacimento
ottocentesco*

I restauri

scienza astronomica. Grazie al restauro della sala eseguito nel 1998 è stato possibile recuperare quasi tutti gli affreschi settecenteschi, ad esclusione però delle costellazioni zodiacali dipinte sulla volta, la quale mantiene quindi il suo aspetto postumo [Museo Astronomico di Padova 2016]. In particolare, lo stato di fatto che fu constatato durante questo restauro evidenziava la presenza di sollevamenti, microfessurazioni e distaccamenti dell'intonaco, spia di problemi statici delle stratificazioni intonacate per l'azione espansiva di anioni e cationi, assorbiti in grande quantità dalla copertura ed in particolare dall'apertura circolare della volta [Tiozzo 1998]. La presenza di chiazze circolari per degenerazioni biologiche delle sostanze organiche della decorazione ottocentesca e l'imbianchimento della superficie decorata per decoesione della pigmentazione e sedimentazioni complicavano il quadro, aiutate anche da ridipinture grossolane ed errate eseguite nei tempi passati. Il lavoro è iniziato con saggi stratigrafici per identificare la presenza di decorazioni più antiche delle quali esisteva solamente traccia storica, cioè del ciclo settecentesco, e con l'analisi dei sali (scarsa presenza di solfati, alta presenza di nitrati). Il recupero ed il consolidamento eseguiti, come presentati nella relazione tecnica [Tiozzo 1998], consistettero in iniezioni di resina acrilica emulsionata (o nebulizzata a seconda delle zone) con calce idraulica desalinizzata, rimozione della ridipintura a caseina con impacchi basici e lame di bisturi, pulitura dalle sedimentazioni e ridipinture spurie grazie a lavaggi e tamponature con soluzioni adatte, disinfestazione biologica a mezzo di soluzione bioacida, impacchi con acqua deionizzata e carbonato di ammonio per la rimozione di anioni e cationi ed eliminazione dei vuoti. Il fissaggio delle stratificazioni pigmentate originali è stato fatto con resina acrilica emulsionata con calce aerea e polvere di marmo, mentre le fessurazioni e le mancanze sono state stuccate con un impasto simile alla stratificazione originale. Le mancanze di pigmentazione sono state coperte con velature appropriate di acquerello. Un successivo intervento mirato fu effettuato nel 2001 per il restauro della zona attorno al medaglione di Newton e alla volta celeste, nuovamente interessate da infiltrazioni di acqua piovana.



(a) Parte della cupola con i tondi ed il cielo ottocentesco.



(b) Vista della Sala delle figure dopo il restauro.

Figura 4.1: Sala delle Figure. (Da[Pigatto 2007])

4.1 Giacomo Ciesa

Giacomo Ciesa nacque a Vicenza il 21 febbraio 1733 da Camillo e Rosa Olivari. Abitò in parrocchia di San Faustino, contrada Santa Corona.

Da quanto testimoniato e studiato in varie fonti fu discepolo di Giambettino Cignaroli. In attività dal 1753, molte delle sue opere sono attualmente perdute o in cattivo stato di conservazione. Tra le opere iniziali piuttosto importanti è da ricordare anche la realizzazione delle illustrazioni del volume *Poesie italiane sopra l'ultima guerra consacrate alla S. R. M. di Federico il Grande Re di Prussia da Giulio Ferrari patrizio Vicentino* (Vicenza, 1766). Tra il 1772 ed il 1773 si assiste all'inizio dei migliori lavori dell'artista con gli affreschi nella Sala delle Figure della Specola. Dopo la massima espressione del primo periodo del Ciesa nella pala nell'altare maggiore della arcipretale di S. Clementea (Valdagno, 1776-1778), l'artista matura orientandosi ad un registro più moderno verso la fine del 1780, introducendo inquadrature razionali e statuari gruppi monocromi di vigoroso plasticismo; la svolta venne segnata dall'incarico pubblico per la realizzazione degli adorni dell'arco trionfale provvisorio eretto a Vicenza in Piazza dell'Isola, per l'ingresso del podestà Giovanni Pindemonte nel maggio 1778 e lavorato in collaborazione con Michelangelo Uliaco su disegno di Ottavio Bertotti-Scamozzi. Seguì la decorazione del palazzo vicentino eretto dal Calderari in contrà Riale per Carlo Cordellina (1784-1790), in collaborazione con Guidolini, Lorenzi e altri ignoti; opera sicuramente a lui attribuibile sono le *Allegorie* nel soffitto del salone, distrutte dal bombardamento di marzo del 1945. Dopo la morte di Lorenzi, nel 1787, il Ciesa iniziò una stretta collaborazione con il Guidolini, begli esempi della quale si trova negli affreschi della villa Franceschini-Canera di Salasco, ad Arcugnano, negli affreschi del vestibolo e del salone di villa Capra a Sarcedo e nella tela del soffitto e negli affreschi parietali del salone in palazzo Thiene-Bonin Longare, sul corso di Vicenza. Progressivamente, a partire dal 1790 circa, si ha un'involuzione progressiva dell'artista, visibile dagli affreschi del coro di S.Rocco a Tretto, Schio, da quelli della chiesa parrocchiale di Piana e dai monocromi della chiesa di Longare. Tra le attività dell'artista sono presenti anche interventi su opere altrui e alcuni restauri. Quando i francesi raggiunsero il predominio del Regno d'Italia, il Ciesa svolse attività pubblica di "perito".

Morì il 30 aprile 1822 a Vicenza, senza allievi se non un intagliatore del legno e della pietra, Gianbattista Berti, e lo scultore Giuseppe de Fabris, di Nove di Bassano. [Da Barbieri 1981]

4.2 I personaggi

Per capire bene l'impianto iconografico di ciascun ritratto ed il relativo riquadro in monocromatico sovrastante, ma anche per comprendere bene i motivi che portarono alla scelta dei personaggi stessi, è bene presentare una stringata biografia di ognuno degli scienziati ritratti nella Sala delle Figure. Per biografie più estese, anche se senza pretesa di esaustività, si rimanda all'appendice [A](#).

Claudio Tolomeo (ca. 100-175)

Matematico, astronomo e geografo greco, visse e lavorò ad Alessandria d'Egitto sotto l'Impero Romano. Nonostante abbia compiuto anche delle osservazioni, il lavoro di Tolomeo si rifaceva principalmente all'eredità degli antichi filosofi e matematici greci e babilonesi. La sua opera più famosa era l'*Almagesto*, in tre libri, che si basava in particolar modo sul lavoro di Ipparco; oltre a modelli geometrici e tavole per il calcolo del moto di Sole, Luna e dei cinque pianeti, presentava un catalogo di oltre un migliaio di stelle con longitudine, latitudine e magnitudine apparente. Vi erano descritti anche una serie di strumenti per misurazioni astronomiche in uso al tempo ed il sistema cosmologico geocentrico noto come "sistema aristotelico-tolemaico". Esso prevedeva la Terra immobile al centro, con Sole, Luna e pianeti ruotanti attorno ad essa su sfere cristalline, più la sfera immobile delle stelle fisse. Nella descrizione delle orbite Tolomeo impiegava il metodo dell'eccentrico, dell'epiciclo e del deferente, ma fece anche ricordo al *punto equante*, provocando qualche disagio negli studiosi dei secoli successivi. Esso gli permise però di compilare tavole di posizioni planetarie estremamente precise per l'epoca. Si occupò anche di altri ambiti di studio e le altre opere da lui pubblicate furono: *Ipotesi dei pianeti*, *Geographia*, *Ottica*, *Armonici*, *Delle previsioni astrologiche*, meglio noto come *Tetrabiblos*.

Tolomeo

Mikołaj Kopernik (1473-1543)

Astronomo polacco, ma anche ecclesiastico, giurista e governatore. Dopo gli studi all'università di Cracovia, dove Copernico entrò in contatto con l'astronomia, si spostò all'università di Bologna; qui incontrò Domenico Maria Novara (1454-1504), che divenne suo maestro e lo introdusse all'osservazione astronomica a Ferrara. Preso possesso dello stallo canonico a Feuenburg in seguito alla nomina di canonico della Congregazione Riformata dei Canonici Agostiniani, tornò in Italia per proseguire gli studi prima a Padova e poi a Ferrara, dove si laureò nel 1503. Rientrato a Feuenburg fu membro e rappresentante commerciale del Capitolo di Warnia, nonché diplomatico per conto dello zio (e padre adottivo), il vescovo di Warnia. Sulle proprie teorie tenne un atteggiamento sempre molto prudente: il *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*, detto anche solo *Commentariolus*, dove espresse i sette assunti alla base della sua teoria eliocentrica,

Copernico

circolò solamente tra i suoi amici in forma manoscritta. Divenne amministratore delle terre di Allenstein, dove compì varie osservazioni ed iniziò la stesura del *De revolutionibus orbium coelestium*, che tuttavia si decise a pubblicare solamente nel 1543 dopo le insistenze di Georg Joachim Rheticus (1514-1574). La prefazione anonima di Andrea Osiander, che descriveva il modello eliocentrico come una mera ipotesi utile ai calcoli e non necessariamente rispondente al vero, ridusse la portata del libro, ma ne permise la diffusione per un tempo consistente nonostante il controllo ecclesiastico.

Tycho Brahe (1549-1601)

Brahe

Astronomo ed astrologo danese. Di nobili e ricche origini, Brahe si interessò fin da giovane di astrologia e, di conseguenza, anche di astronomia per il calcolo delle effemeridi. Godeva dell'appoggio del re Federico II, sia per la sua posizione sociale sia per il fatto che lo zio avesse salvato il sovrano, e sfruttò tale appoggio per la costruzione di due osservatori dotati di moderni e precisi strumenti. Il primo, Uraniburg, fu costruito a partire dal 1576; il secondo, Stjerneburg, fu costruito nel 1584 al di sotto del livello del terreno. Entrambi sorgevano sull'isola di Hven, donatagli dal re, dove erano presenti anche una cartiera e diverse officine per la costruzione di strumenti. Proprio il miglioramento strumentale, necessario per misurazioni sempre più accurate, era una delle priorità di Tycho. Le sue osservazioni precise furono la base per le teorie di Keplero, che le ricevette in eredità in quanto suo assistente a Praga, dove Brahe fu costretto a trasferirsi a causa di disaccordi con il successore di Federico II. Grazie all'osservazione di una nova, descritta nel *De Stella Nova* (1573) e ripresa nell'*Astronomica Instaurata e Progymnasmata* (1602), ed alle sue osservazioni sulle comete tra il 1577 ed il 1585, Brahe si convinse della loro natura sopralunare e quindi dell'inesistenza delle sfere cristalline. Non accettò mai il sistema eliocentrico copernicano, anche per la mancanza di una fisica di sostegno, e propose un sistema intermedio detto "sistema ticonico". La Terra rimaneva immobile al centro del cosmo; Sole e Luna le ruotavano attorno, mentre gli altri pianeti ruotavano attorno al Sole. Grazie all'influenza della sua persona e agli aspetti positivi che tale sistema presentava esso si diffuse notevolmente, mentre l'inesistenza delle sfere cristalline andava prendendo piede.

Galileo Galilei (1564-1642)

Galilei

Astronomo italiano, originario di Pisa. Galileo studiò la caduta libera dei corpi, formulando la legge del moto uniformemente accelerato, ed il moto diurno ed annuo della Terra, per cercare di spiegare le maree. Ricoprì la cattedra di matematica prima a Pisa e poi a Padova per diciotto anni, per poi tornare a Firenze come matematico e filosofo del Granduca di Toscana. Durante il periodo padovano venne in contatto con l'invenzione del cannocchiale, che migliorò ed applicò a scopi scientifici con osservazioni del cielo, in particolare della Luna e dei quattro satelliti

di Giove, da lui scoperti. Tutti questi risultati vennero raccolti nel *Sidereus Nuncius* (1611), a cui seguì l'*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, con l'osservazione delle macchie solari; infine, scoprì la "strana forma" di Saturno e le fasi di Venere. Profondamente convinto della teoria eliocentrica copernicana, non adottò mai invece le orbite ellittiche proposte dal contemporaneo Keplero, rimanendo legato alla perfezione del cerchio. Denunciato una prima volta come eretico nel 1615, evitò un processo alla propria persona, ma venne invitato ad abbandonare le idee copernicane. Ciononostante, confidando nella figura dell'amico Maffeo Barberini eletto Papa come Urbano VIII nel 1623, pubblicò il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*; venne quindi accusato di non aver rispettato l'ingiunzione e fu costretto ad abiurare il copernicanesimo e venne condannato alla detenzione a tempo indeterminato, poi convertita in domicilio obbligato. Pubblicò in seguito i *Discorsi e dimostrazioni matematiche sopra due nuove scienze*, dove dimostrò matematicamente le leggi del moto e sviluppò in modo sistematico la conoscenza sulla resistenza dei materiali. Con il peggioramento dei problemi alla vista divenne completamente cieco e dovette farsi affiancare da dei giovani come aiutanti, due dei quali diventeranno poi i principali riferimenti per "la scuola galileiana".

Johannes von Keplero (1571-1630)

Astronomo, matematico e teologo tedesco. Di natura profondamente religiosa, con influssi pitagorici, dopo che gli venne assegnato l'insegnamento di matematica alla scuola evangelica di Graz si dedicò alla creazione di un modello cosmologico "a priori" che permettesse di comprendere le intenzioni divine dalle armoniche proporzioni del cosmo. Esso era riassunto nel *Mysterium Cosmographicum* (1597). Nel 1600 accettò l'invito di Brahe a lavorare come assistente e si occupò principalmente dell'orbita di Marte per dieci anni; i dati raccolti da questo lavoro e quelli ereditati dall'astronomo danese furono la base osservativa che permise la derivazione empirica delle tre leggi e quindi la proposta dell'uso delle orbite ellittiche. Le prime due leggi sono contenute nell'*Astronomia Nova* (1609), la terza viene invece esposta nell'*Harmonices Mundi* (1619), un trattato sull'armonia del mondo celeste e terrestre con confronto alla musica. Keplero non fornì mai una fisica alla base delle leggi e questo ne limitò la diffusione, almeno fino a Newton. L'accusa di stregoneria alla madre, nel 1620, il relativo processo e la Guerra dei Trent'anni sconvolsero il suo lavoro e lo portarono a pubblicare l'*Epitome astronomiae copernicanae* a pezzi ed in anni successivi. La lotta in Austria contro i protestanti, inoltre, lo costrinse a fuggire prima a Regensburg, poi a Ulm e infine a Sagan, mandandolo anche in povertà per il mancato ed esiguo pagamento degli stipendi dovuti. Morì a Ratisbona.

Keplero

Isaac Newton (1642-1727)

Newton

Matematico, fisico ed astronomo inglese. Newton, oltre a moltissimi contributi in campo matematico, tra i quali il teorema di Newton, la serie armonica, il teorema binomiale ed il calcolo infinitesimale¹, si occupò anche di ottica. In quest'ultimo campo dimostrò che la luce bianca poteva essere scomposta nei vari colori e quindi ricomposta in un fascio bianco attraverso l'uso di prismi e lenti. Capì perciò che ogni telescopio rifrattore sarebbe stato affetto da aberrazione cromatica e propose un telescopio riflettore, esente dal problema. I suoi studi nell'ambito ottico vennero pubblicati nell'*Hypothesis of light*(1675) e nell'*Opticks, or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*(1704). Dal 1679 Newton si dedicò anche allo studio della gravità, dimostrando in particolare che l'orbita di un corpo che si muovesse attorno al Sole sotto l'azione di una forza di attrazione proporzionale all'inverso del quadrato della distanza poteva essere anche un'ellisse. Sistematizzò matematicamente le leggi di Keplero, derivandole dalla soluzione del problema dei due corpi e generalizzandole ad orbite iperboliche e paraboliche nel *De motu corporum*(1684). La sua opera più importante fu però *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*(1687), dove tratta la meccanica in modo sistematico e geometrico-matematico. Essa era divisa in tre libri: due riguardavano la matematica applicata al moto di corpi nel vuoto o in mezzi resistenti come aria ed acqua; il terzo conteneva la sua cosmologia, basata sull'idea che i pianeti si muovessero nello spazio vuoto sotto l'attrazione attrattiva del Sole. In quest'opera erano presenti le tre leggi fondamentali del moto, in una formulazione simile all'attuale. Newton diede anche una spiegazione sufficiente alle maree e alle irregolarità orbitali, come precessione degli equinozi e variazioni della posizione angolare della Luna, ritenendole il risultato delle forze attrattive; ipotizzò inoltre la forma terrestre come schiacciata ai poli. Capì e dimostrò che la legge di gravitazione era universale: ogni corpo esercitava sugli altri lo stesso tipo di forza, fosse esso un corpo celeste od un corpo del mondo terrestre.

Geminiano Montanari (1633-1687)

Montanari

Filosofo, matematico ed astronomo italiano, Montanari era originario di Modena. Fu professore di Matematica all'Università di Bologna e successivamente professore della neonata cattedra di Astronomia e Meteore a Padova, creata appositamente per lui dal governo veneto. Lavorò anche come consulente per la Repubblica in molteplici materie: fu infatti uno studioso attivo in vari settori, come meccanica, fisica, fisiologia; il suo interesse principale rimase comunque l'astronomia. Sovrintese alla costruzione di due osservatori, quello di Correr a Venezia e quello del

¹La paternità del calcolo infinitesimale, fondamento dell'analisi matematica ed utile ad esempio per il calcolo degli integrali, è condivisa con Leibniz e diede origine al tempo anche ad un'aspra diatriba per l'attribuzione della paternità dello studio. Newton, infatti, lo studiò per primo, ma pubblicò il proprio lavoro dopo Leibniz; inoltre i due scienziati seguirono metodi diversi.

Seminario a Padova. Forte critico dell'astrologia, soprattutto di quella oroscopica, si dedicò anche a dimostrarne l'infondatezza con metodo scientifico, pubblicando *L'astrologia convinta di falso col mezzo di nuove esperienze e ragioni Fisico-Astronomiche, o sia la caccia del Fregnuolo*(1685), sua opera più famosa.

Giovanni Poleni (1683-1761)

Filosofo, matematico ed astronomo italiano, originario di Venezia. Poleni fu una persona di cultura estremamente vasta in molteplici ambiti: studiò filosofia, diritto, teologia, ma anche pittura, prospettiva, architettura² e matematica. Ricoprì la cattedra di Astronomia e Meteore a Padova, poi quelle di Matematica, Filosofia ed infine quella di Filosofia Sperimentale nel 1739, istituita l'anno precedente dal Senato veneziano. Gli venne affidato anche l'insegnamento di nautica e costruzioni navali. Nel 1725 iniziò regolari registrazioni meteorologiche che vennero in seguito utilizzate e proseguite da Toaldo. Poleni si interessò soprattutto all'aspetto sperimentale delle scienze, perfezionando e costruendo strumentazioni scientifiche e fondando anche il primo Laboratorio di Filosofia Sperimentale di Padova, citato nelle guide tra Settecento ed Ottocento come posto degno di visita [come ad esempio in Rossetti 1765].

Poleni

²Curò anche gli studi per il restauro della cupola di San Pietro a Roma, realizzato da Luigi Vanvitelli.

Capitolo 5

Analisi ed iconografia dei dipinti

5.1 Tolomeo

Come si vede nella figura (5.1), Tolomeo nella Sala delle Figure viene rappresentato da Giacomo Ciesa come un saggio arabo, con il tipico turbante in testa, mentre in una mano regge il modellino del Sistema Tolemaico e nell'altra un libro, probabilmente l'*Almagesto*. L'iconografia non è tra le più diffuse nelle raffigurazioni di questo astronomo: la più comune, soprattutto nel Quattrocento e Cinquecento era di un saggio barbuto con in mano una sfera armillare (e a volte un libro) e con un alto copricapo a corona, come ad esempio si vede in (fig.5.2). Questo per due motivi: in primo luogo a lungo Tolomeo venne erroneamente ritenuto discendente della stirpe dei Tolomei, imperatori d'Egitto, e in secondo luogo veniva ritenuto il "Principe" dell'astrologia, astronomia e geografia. Dato che Tolomeo visse in epoca ellenistica ad Alessandria d'Egitto, egli era in realtà parte della cultura greco-latina. Tuttavia la sua opera arrivò all'occidente tramite gli Arabi e le sue origini al tempo non erano così precisamente conosciute. Come scrive anche [Malombra 1274]:

Hali, uno de primi suoi commentatori [...] lo fa Feleudense. Giorgio Trapezontio [...] il quale tradusse di Greco in Latino la grande compositione matematica de' y moti celesti, che da esso co voce meza Barbara ò Araba, & meza Greca fu detta l'*Almagesto*, l'ha per Alessandrino, & per disceso del real sangue de gli antichi Re Tolomei. Luca Gaurico il



Figura 5.1: *Affresco di Tolomeo nella Sala delle Figure*

chiama da Pelusio, città posta all'ultima bocca del Nilo, nomata da Latini Pelusiaca [...] detta hoggi Damiata. Come si sia; questo si tien per certo, che egli, per la singular scientia delle arti liberali, & delle lettere Greche, visse chiaro, & famoso in Alessandria d'Egitto, al tempo dell'Imperadore Antonio [...]

e in [Pappiani 1445]:

70. Claudio Tolomeo Principe degli Astronomi, e de' Geografi, la di cui Patria, ed origine dalle diverse opinioni de' Critici rendesi oscura, mentre altri lo fanno Alessandrino della Reale stirpe de' Tolomei, altri Pelusiense da Pelusio non molto distante da Alessandria, ed altri vogliono, che nascesse nella Terra di Sem nella Provincia chiamata Feuludia.

Nonostante il richiamo alle origini arabe di Tolomeo, il turbante rimane una scelta singolare. Di certo Toaldo e Ciesa non agirono di propria immaginazione: la raffigurazione è presa pari pari da un libro del Seicento, *l'Astronomica Institutio* dell'olandese Jan Luyts nell'edizione del 1692, riportante in antiporta una calcografia di Mulder ed Hoet (vedi CAP6). Le domande sull'iconografia del libro e sul perché della scelta di questo tipo di raffigurazione sono almeno due: come mai il turbante e non il copricapo con corona? E come mai il modellino del sistema cosmologico e non la sfera armillare? Si cercherà di fornire una chiave di lettura che possa portare ad una risposta. Per farlo, si ritiene necessario definire la simbologia del turbante nell'arte e riportare gli strumenti descritti nell'*Almagesto*, almeno i principali, con un accenno alla loro storia e al loro sviluppo.

Il turbante nell'arte

Il turbante, il cui nome deriva dal persiano antico *dūlband* (poi in turco *tūlbent*) con il quale si indicava il copricapo maschile di quel popolo, venne utilizzato nella pittura anche al di fuori dell'originale contesto. Un esempio per tutti dell'uso simbolico del turbante come elemento capace di dare una sfumatura esotica è *Ragazza col turbante* di Jan Vermeer (di Delft, Paesi Bassi). Il quadro si inserisce nel genere dei "troinen" della pittura olandese, cioè dei ritratti in costumi storici o esotici usati spesso nella raffigurazione di personaggi storici, biblici o antichizzanti. Da un punto di vista più formale, il turbante rinvia al mistero e al potere e per questo nel tempo divenne oggetto di ammirazione da parte degli occidentali; inoltre crea un peso visivo sulla testa e sul volto. Bisogna ricordare inoltre che la cultura greca venne riscoperta nel MedioEvo proprio grazie alla mediazione di quella araba: nelle illustrazioni degli incunaboli (o *Quattrocentine*) i grandi intellettuali arabi erano rappresentati con questi copricapi, che colpirono quindi l'immaginazione dei dotti italiani, i quali riconoscevano al mondo arabo il ruolo di sintesi tra classicismo e modernità. Questo valeva ancor di più per i territori dei Paesi Bassi e per quelli della Repubblica Serenissima, dove l'incontro di culture era dominante e dove il turbante divenne espressione della libertà culturale. Venezia -ma anche Padova,

*Il turbante
nell'arte*



(a) *Rappresentazione di Tolomeo in EPITOMA IN ALMAGESTUM del Regiomontano, 1496*



(b) *Tolomeo in DECEM TRACTATUS ASTRONOMIE di Guido Bonato, 1506*



(c) *Tolomeo in MARGARITA PHILOSOPHICA, 1504*



(d) *Tolomeo in GEOGRAPHIA, 1482*

Figura 5.2: Esempi di iconografie di Tolomeo principe

Vicenza ed in generale il territorio della Serenissima- era al tempo un centro culturale molto importante e sede di case tipografiche, con una censura blanda ed una circolazione di merci ed idee che portava molti scrittori, filosofi, alchimisti e poeti a sceglierla come luogo dove stampare le proprie opere.

Da queste premesse forse si può capire anche quello che aveva colpito il Toaldo della raffigurazione fatta dal libro di Luyts: Tolomeo era rappresentato non

come un principe, titolo che ormai sembrava quasi anacronistico dato il superamento delle teorie astronomiche che erano riportate nell'*Almagesto*, così come di tutta l'opera tolemaica in generale, ma come un intellettuale antico, un saggio uomo di scienza del suo tempo e del suo luogo. Allo stesso modo, la sua figura non ha l'intento di una rappresentazione realistica e rimanda a tratti ancora legati al mitico e all'antico. Tolomeo rappresenta quindi il precursore, il gigante sulle cui spalle si appoggiano gli intellettuali che lo seguono.

Si cercherà ora di capire come mai il modellino del sistema tolemaico comune non sia stato sostituito nella trasposizione dal frontespizio al dipinto con la più comune sfera armillare. Tolomeo nell'*Almagesto* descrive i vari strumenti da lui utilizzati per la misurazione delle posizioni degli astri. I principali sono: l'armilla solstiziale, l'armilla equatoriale, il plinto e lo strumento astrolabico.

L'Armillare ed il Plinto

Armillare Solstiziale

L'ARMILLA SOLSTIZIALE (o meridiana) era formata da un anello mobile interno ed aveva due pinnule per la mira; permetteva la lettura delle altezze: l'anello interno veniva girato finché l'ombra della pinnula superiore cadeva esattamente su quella inferiore, quindi si leggeva la misura (angolare) sulla scala fissa incisa sull'anello esterno (vedi fig.5.3a).

Plinto

IL PLINTO serviva per determinare l'obliquità dell'eclittica, l'inclinazione dell'equatore, la durata dell'anno e del tempo che intercorre tra i solstizi.

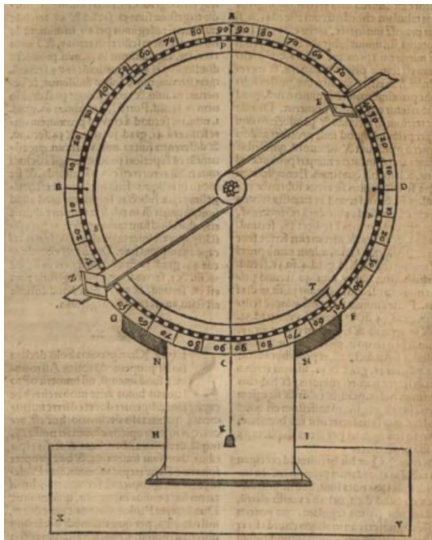
Armillare Equinoziale

L'ARMILLA EQUINOZIALE (o Equatoriale) era un anello di bronzo collocato sul piano equatoriale. Serviva per la determinazione della durata dell'anno e del tempo che intercorre tra gli equinozi: agli equinozi si osservava che l'ombra della metà superiore cadeva esattamente sulla metà inferiore, originando un'ombra con forma di linea retta.

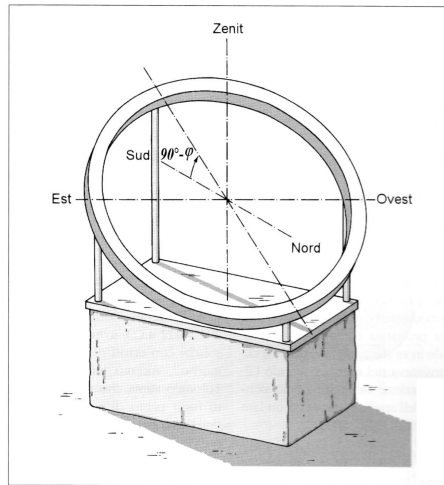
Strumento Astrolabico, Triquetto e Diottra

*Strumento
Astrolabico*

LO STRUMENTO ASTROLABICO era formato da due anelli mobili uguali uniti ad angolo retto; uno dei due rappresentava l'eclittica ed era diviso in 360 parti, l'altro rappresentava il cerchio massimo passante per i solstizi, poli celesti e poli eclittici. Due anelli girevoli erano sorretti, esternamente ed internamente, dai poli eclittici e sfioravano i due anelli principali; quello più interno, pure diviso in 360 gradi, conteneva un altro anello dotato di pinnule per le osservazioni. Ai poli celesti era impennato un anello fisso meridiano. Quando Sole e Luna sono entrambi visibili nel cielo, l'anello esterno veniva fermato su quello dell'eclittica in corrispondenza della longitudine solare, quindi si ruotava lo strumento, rivolto al Sole, intorno ai poli celesti fino a quando l'anello esterno non proiettava l'ombra in se stesso. L'anello interno veniva quindi ruotato fino a che la Luna si vedeva attraverso le mire: il grado in cui l'anello girevole interno toccava quello dell'eclittica forniva la longitudine della Luna (fig.5.4a)[Zanini 2016].



(a) Armilla Solstiziale [Zanini 2016]



(b) Armilla Equatoriale [da: Strano 2007b].

Figura 5.3: Armilla Solstiziale ed Armilla Equatoriale.

Altri strumenti per le osservazioni lunari erano il TRIQUETRO (fig.5.4b), che serviva per correggere le coordinate eclittiche della parallasse e veniva collocato all'aperto. Esso era formato da due lunghi regoli, abbastanza spessi per non subire distorsioni, imperniati ad una estremità delle rispettive linee mediane. Il primo regolo, inserito in una base, era diviso in 60 parti con relative frazioni ed era posto in verticale grazie ad un filo a piombo sospeso tra due piastre parallele uguali collocate alle estremità sul retro del regolo. Il secondo regolo, libero di girare, aveva alle estremità due piastre parallele uguali e forate al centro: la piastra per l'occhio presentava un foro più piccolo, l'altra ne aveva uno più grande in modo che guardandovi attraverso entrambe appaia l'intero disco lunare. Su ciascun regolo erano individuati due segmenti mediani della stessa lunghezza. Il regolo girevole rimaneva sempre nel piano del meridiano individuato dalla linea meridiana tracciata sul pavimento. Un terzo regolo più sottile era imperniati all'estremità inferiore del segmento graduato del regolo con la base.

La DIOTTRA misurava i diametri apparenti di Sole e Luna (fig.5.4c). Lo strumento aveva un regolo sul quale veniva posizionato uno spessore coprente (piastra). Esso veniva posto in orizzontale su un supporto verticale, per osservare il sole basso all'orizzonte¹. Si metteva quindi l'occhio ad una estremità del regolo e si spostava avanti ed indietro un piccolo cilindro fino a coprire il disco solare. Per descrizioni più dettagliate degli strumenti, esulanti dallo scopo di questo lavoro, si rimanda a [Strano 2007b].

La più adatta tra tutti a rappresentare Tolomeo nella concezione seicentesca era la sfera armillare, come strumento simbolico della conoscenza nel periodo rina-

¹Questo permetteva di non riportare gravi danni alla vista

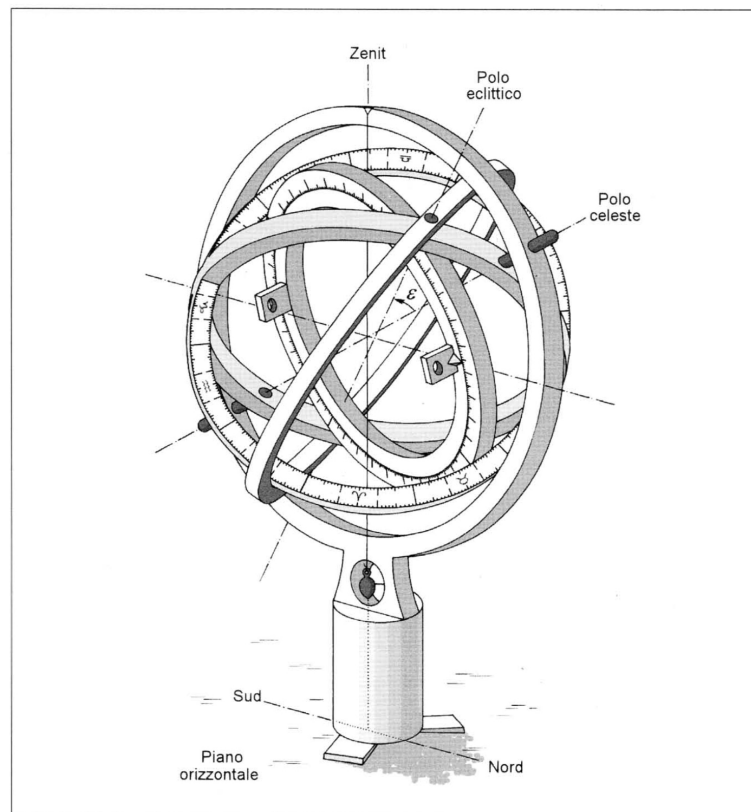
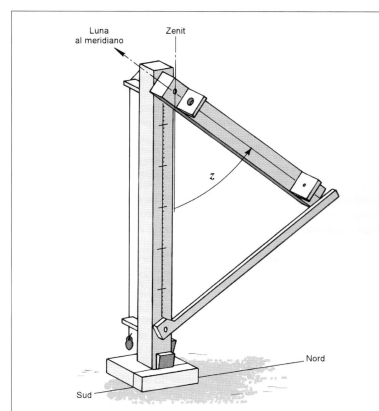
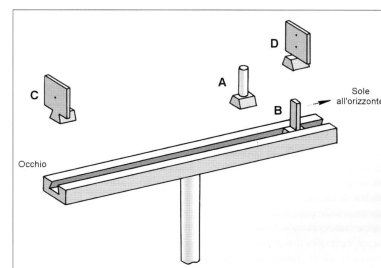
(a) *Strumento Astrolabico.*(b) *Triquetro.*(c) *Diottra di Ipparco. B: piastrina obbiettiva di Tolomeo e Pappo. Le altre lettere indicano altri sistemi di piastrine utilizzati da altri astronomi.*

Figura 5.4: Strumenti per le misurazioni lunari [da Strano 2007b].

scimentale. Essa non era però coincidente con nessuno degli strumenti di misura usati da Tolomeo, quanto più facilmente con una rappresentazione tridimensionale del cosmo utilizzabile a scopi didattici. Sui motivi dell'utilizzo al suo posto

del modello tolemaico nel frontespizio rimando al capitolo (CAP6). Per quanto riguarda la scelta del Toaldo di mantenerlo e non sostituirlo con la sfera armillare, nonostante al tempo l'astronomia fosse diventata più strumentalmente osservativa, il motivo probabilmente è similmente la continuità: dopo Tolomeo nella Sala delle Figure sono infatti collocati Copernico e Brahe. Anche Tycho fu un osservatore eccezionale, meticoloso e preciso. Quello che però lega i tre astronomi è proprio il modellino del sistema cosmologico. I due grandi sistemi, usati per secoli, furono quello geocentrico-tolemaico, prima, e quello eliocentrico-copernicano, poi. Il compromesso tra i due fu il sistema ticonico, che venne superato solamente grazie all'uso del cannocchiale fatto da Galilei, successivo negli affreschi. Il legame tra i tre astronomi viene rafforzato anche dalle rappresentazioni mitologiche raffigurate sopra alle figure intere. Tolomeo, infatti, è associato ad Atlante, che sorregge la volta celeste. Nella tradizione più accreditata, egli era un figlio del titano Giapeto e di Climente (altre volte viene riconosciuto come uno dei Titani, figli di Urano e Gea) e fratello di Prometeo. Fu condannato da Zeus a sorreggere



Riquadro
monocromatico

sulle spalle la volta celeste quando si alleò a Crono. Eracle, raffigurato sopra a Copernico, dovette ricorrere al suo aiuto per riuscire a rubare le mele d'oro dal giardino delle Esperidi (undicesima fatica).

La particolarità in questo caso si trova nel fatto che non viene rappresentato Atlante nell'atto dinamico di sorreggere la volta, ma nell'immagine statica di un'alta montagna. Fu Perseo a pietrificarlo usando la testa della Medusa quando, stanco e stremato, non aveva ricevuto ospitalità dal gigante, che si era quindi tramutato nell'omonima catena montuosa del Marocco. L'ospitalità per i Greci era estremamente importante, e negarla era un atto che, in un certo senso, *doveva* comportare una punizione. Anche qui, quindi, si ritrova un'iconografia che rimanda a qualcosa di mitologico, ma passato: il mito di Atlante viene rappresentato nella sua fine, non nel suo svolgersi, eppure come qualcosa di granitico, solido, a cui per centinaia di anni gli altri hanno potuto appoggiarsi o volgere gli occhi.

Sia la figura intera sia la rappresentazione mitologica rimandano quindi alla grandezza, ma anche al superamento del personaggio raffigurato.

5.2 Copernico



Figura 5.6: *Affresco di Copernico nella Sala delle Figure*

Copernico nell'affresco settecentesco della Sala delle Figure viene rappresentato nell'atto di reggere in mano il modellino del Sistema Copernicano: è riconoscibile, nel centro, il Sole e in alto il cerchio dell'orbita lunare attorno alla Terra. Lo scienziato indossa la veste da canonico agostiniano. L'abito dovrebbe, per rispetto alla realtà ecclesiastica, essere nero. Tuttavia, la colorazione nei dipinti spesso vira al blu, come si può vedere ad esempio nel ciclo di affreschi della chiesa di Sant'Agostino a San Gimignano in (fig.5.7b). Dal punto di vista specifico del colore, il blu è un colore simbolico, che conosce una forte diffusione nel Medioevo, quando sostituisce il rosso reale nel mantello della Vergine Maria; nel Rinascimento ed in particolare nella sfera sacra, l'indaco ed il blu profondo significavano al tempo Castità. Diversamente il nero, colore del lutto e della penitenza, nel Rinascimento divenne il segno di eleganza composta ed austera in tutta Europa, come si osserva in quadri olandesi seicenteschi o anche nei ritratti di Tiziano e Tintoretto; rappresentava, quindi, anche raffinatezza e distinzione. La differenza simbolica dei due colori si nota bene nel dipinto di *Filippo il Buono e la Sua corte* (fig.5.7a): il nero viene associato fin dal Quattrocento più ai nobili che ai canonici, prelati o monaci, ai quali viene più spesso associato il blu. A differenza delle nor-

malì raffigurazioni delle tonache, però, quella di Copernico nell'affresco analizzato presenta una bordatura di pelliccia sul collo e sulle maniche. Questo si nota anche dalla figura dalla quale probabilmente viene ripreso il dipinto, cioè anche in questo caso la calcografia dell'*Astronomica Institutio* di Luyts. In particolare questa ripresa si nota dal viso: altre raffigurazioni dell'astronomo presentano una fisionomia leggermente diversa. Posizione, modellino copernicano e viso sono perfettamente identici a quelle del Luyts; la tonaca nell'incisione non presenta la cintura, che c'è invece nell'affresco, probabilmente per maggiore attinenza alla realtà e all'iconografia dell'ordine di cui Copernico era canonico. Le bordature di pelliccia sono presenti anche nell'incisione, più che per adesione al reale (in alcuni casi le vesti canoniche potevano effettivamente presentare queste bordature) forse per un valore simbolico della stessa, tipicamente segno di prestigio, potere ed alte cariche. Potrebbe dunque essere un riferimento sia alla sua attività come canonico membro del Capitolo di Warmia, amministratore delle terre di Allen e diplomatico per



(a) "Filippo il Buono e la sua corte", da una pagina delle *CHRONIQUES DE HAINAULT*, 1400-1464. Il duca è quello che indossa il vestito nero.



(b) "Storie della vita di sant'Agostino", 1464-1465. Affresco nella chiesa di Sant'Agostino a San Gimignano di autore: Benozzo Gozzoli

conto dello zio vescovo, sia ai suoi meriti come studioso. Interessante è anche la scelta dello sfondo: una colonna classica drappeggiata di rosso, duplice richiamo all'importanza, per il rosso, e al classico, ai filosofi dell'antica Grecia sui quali Copernico fonda la sua formazione, in particolar modo la sua radice platonica, e tra i quali cerca l'ispirazione che lo porterà a formulare il nuovo modello cosmologico.

Se lo sfondo si stacca da quello di Tolomeo, che richiama il mitico oriente, il riquadro mitologico sovrastante si collega a quello del predecessore. Esso rappresenta, infatti, Eracle nel momento dello scambio con il gigante Atlante; l'eroe infatti, su suggerimento di Prometeo, convince il gigante a rubare i pomi delle Esperidi offrendosi di prendere per qualche tempo il suo posto nel sostenere la volta celeste. Il peso di quest'ultima, dei suoi misteri, delle domande e delle risposte passa da uno all'altro. Eracle nel dipinto si appoggia ad una clava, tipica della sua iconografia anche a livello astronomico (nella costellazione è presente). Atlante viene considerato una colonna portante del cielo; Copernico è una colonna portante della scienza, colui che dà il cambio alla figura mitologica dei tempi più remoti, l'eroe, il semidio, umano eppure inarrivabile. Nella leggenda, Eracle riesce a farsi ridare il cambio da Atlante sola-



Figura 5.7: *Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Eracle*

Riquadro monocromatico

mente ingannandolo; nella realtà scientifica, i veri frutti del sistema copernicano rimarranno inapplicati fino a Galileo, Keplero e Newton. In un certo senso, la volta celeste dopo di lui torna ancora a Tolomeo-Atlante per molto altro tempo, nonostante la frattura nel vecchio sistema-mito sia ormai avviata.

5.3 Brahe



Figura 5.8: *Affresco di Brahe nella Sala delle Figure*

Il terzo astronomo raffigurato nella Sala delle Figure è Tycho Brahe. Come già esposto nella biografia, egli era di origini nobili ed era una persona facoltosa. Queste caratteristiche si esprimono molto bene anche nel ritratto. Brahe, infatti, indossa abiti tipici della nobiltà e dei dotti del suo tempo: un "panceron" accollato, cioè un giuppone imbottito sulla pancia alla moda francese comparso alla fine del 1500, dal quale spunta il collo "a lattuga" (un bell'esempio si ritrova nel quadro in fig.5.9a); calzoni abbottonati sotto al ginocchio di pregiato tessuto rosso, calze, probabilmente di seta bianca, e scarpe nere di stoffa con decorazione a fiocco, riservate alle occasioni conviviali o formali. Anche berretto e cappotto segnalano uno status elevato; in particolare si noti la piuma del berretto e i colori del mantello che, solitamente nero, si presenta rosso foderato di giallo, colori tipici dei medici e dei nobili (Tycho era diventato anche medico alchimista dopo l'incidente in duello). A chiudere il tutto, delle catene d'oro che si posano sul farsetto, una delle quali riporta il simbolo dell'*Ordine dell'elefante*. Questo particolare ricorre molto spesso nei suoi ritratti, come si nota ad esempio in quello realizzato da Eduard Ender (fig.5.9b). Tycho fu insignito nel 1578 dell'ordine dell'Elefante, antico e prestigioso ordine cavalleresco danese, nel 1578. Per quanto riguarda i riferimenti, anche questo ritratto sembra quasi certamente tratto dall'incisione di Mulder nel libro di Luyts del 1692. Baffi, barba, viso e piastra sul naso sono sempre parte del ritratto dell'astronomo, come appare anche dalla sua lapide (fig.5.9c). Nella tomba però viene raffigurato con veste di cavaliere, mentre nella maggior parte dei ritratti è vestito in modo simile a quello dell'affresco.

Nella mano destra Brahe regge il modellino del sistema ticonico, con la Terra al centro, attorno alla quale ci sono l'orbita della Luna e quella del Sole; gli altri pianeti ruotano tutti attorno al Sole stesso. In realtà, per quanto riguarda lo sviluppo posteriore dell'Astronomia, i meriti maggiori dello studioso furono la sua



(a) "Il sarto", di Giovanni Battista Moroni, 1570-1575. National Gallery, Londra.



(b) "Ritratto di Tycho Brahe", di Eduard Ender, 1596. Castello di Skokloster.



(c) Lastra commemorativa sulla tomba di Tycho Brahe.

osservazione della supernova del 1572 in Cassiopea, con la relativa corretta ipotesi che non fosse un fenomeno sublunare, e la sua ricerca quasi maniacale della precisione nelle osservazioni, sostenuta dal suo ingente patrimonio, che gli permise la costruzione dei due avanzati osservatori sull'isola di Hven e la realizzazione di strumenti sempre migliori dei quali si era parlato in precedenza. Per quanto riguarda il primo contributo, esso va contestualizzato alla visione aristotelica di un mondo superlunare perfetto ed immutabile. Tycho era infatti convinto dell'appartenenza della stella nuova e delle comete, alle quali si dedicò dal 1577 al 1585, al mondo celeste e non a quello sublunare come si pensava al tempo; ritiene inoltre che le comete abbiano orbite non circolari intersecanti le regioni dei moti planetari. Egli dà così il primo vero scossone al modello Aristotelico-tolemaico e definisce il tramonto delle sfere cristalline solide; questo avviene anche grazie alla sua influenza nell'ambito culturale. Le sue registrazioni precise, d'altro canto, fornirono a Keplero la base osservativa su cui poter elaborare le sue tre leggi; in questo senso, anche l'invito di Tycho a Keplero a divenire suo assistente fu fondamentale.

Ci si potrebbe chiedere perciò perché l'astronomo venga rappresentato con il modellino del sistema ticonico e non con uno strumento di misura, o con il *De Stella Nova*, o con qualcosa che faccia riferimento alle sue osservazioni o alla sua intuizione sulle comete. I motivi penso siano principalmente due. Il primo è che il sistema elaborato da Brahe aveva dei vantaggi, quali l'aderenza delle previsioni matematiche alle osservazioni, pari a quella del sistema copernicano, la mancanza di conflitti con le Scritture, il superamento dell'apparente contraddizione copernicana sulla mancanza di parallasse e sulla dimensione delle stelle e non necessitava

Perché proprio il modello del sistema ticonico?

di una spiegazione per il moto terrestre². Tycho era fiero del suo sistema. Questa motivazione si aggancia alla seconda: l'influenza del personaggio e i vantaggi del sistema da lui ideato. Se da una parte, non riconoscendo l'eliocentrismo ritarda in qualche modo l'affermazione del sistema copernicano, dall'altra ne permise la veloce diffusione, portando all'abbandono del sistema tolemaico. Il sistema ticonico diviene il "tramite" per quel processo che avrebbe poi permesso l'adozione del sistema eliostatico. Brahe si pone, anche a livello della raffigurazione negli affreschi, come colui che permette la frattura con la tradizione fino ad allora accettata, grazie al crollo delle sfere cristalline e al parziale decentramento dei pianeti.

Questo ruolo di tramite e promotore di un progresso prima poco accessibile gli viene accordato anche nel riferimento mitologico del riquadro monocromatico sopra il suo ritratto, raffigurante Prometeo nell'atto di raccogliere il fuoco dal Sole per donarlo agli uomini. Per capire meglio la similitudine, che personalmente ritengo di duplice significato, bisogna conoscere il mito in questione.

Mito di Prometeo

Prometeo era figlio di Giapeto e Climene oppure, secondo altre versioni di Giapeto e Asia, oppure del Gigante Eurimedonte che violentò Era. Aveva cinque coppie di fratelli gemelli, tra i quali compare anche Atlante, rappresentante di Tolomeo nella Sala delle Figure. Proprio Atlante, insieme al fratello Menezio, sopravvive alla prima punizione di Zeus e come noto finisce confinato a portare il Cielo sulle spalle. Prometeo in quell'occasione si schiera con Zeus conquistandone così la fiducia, al punto che gli viene permesso di accedere all'Olimpo e viene incaricato di forgiare l'uomo. Egli lo modella dal fango, animandolo con il fuoco divino, ma finisce per legarsi enormemente alla sua creatura. È lui a rubare ad Atena lo scrigno contenente l'intelligenza e la memoria per donarle agli uomini, nonostante Zeus abbia già deciso di distruggerli e non veda quindi di buon occhio questi doni. Tuttavia, Prometeo supera il segno quando riserva agli uomini -ancora immortali ed ammessi alla presenza degli dei- la parte migliore del toro per un banchetto grazie ad una spartizione ingannevole. Zeus maledì gli uomini, rendendoli mortali e nascondendo loro il fuoco. Per recuperarlo Prometeo si introduce nell'Olimpo con l'aiuto di Atena e accende una torcia al carro di Elio (secondo altre versioni si introduce nella fucina di Efesto e ruba qualche favilla). Per punizione Zeus crea Pandora, prima donna del genere umano, mandandola dal fratello di Prometeo per convincerlo a punire gli uomini, ma questi, messo in allerta da Prometeo stesso, rifiuta il dono. Nella cultura greca il dono rivestiva un'enorme importanza, ed il rifiuto dello stesso era un enorme affronto; questo spiega la reazione di Zeus, che incatena Prometeo nudo ad una rupe, esposto agli agenti atmosferici, con una colonna conficcata in corpo ed invia un'aquila a squarciargli il petto e mangiargli il fegato, che ricresce durante la notte. Prometeo verrà liberato da Eracle, e sarà proprio lui a suggerire all'eroe di far rubare ad Atlante i pomi delle Esperidi.

²Questo sistema aveva quindi il vantaggio di avere già una fisica di riferimento alla base, quella aristotelico-tolemaica. Al contrario, ancora non c'era una fisica a sostegno del sistema copernicano.

Dal punto di vista iconografico, molte parti del mito vengono rappresentate spesso, in particolare la creazione dell'uomo e l'atto di rubare il fuoco. Nel nostro caso, nel riquadro monocromatico Prometeo sta rubando il fuoco direttamente dal Sole: non viene rappresentato il carro di Elio. Il legame dell'astronomo con la figura mitologica può essere, come detto, duplice. Da un lato Prometeo è sempre stato un simbolo della ribellione, la metafora del pensiero e della conoscenza svincolati dal mito e dall'ideologia. In questa



Figura 5.9: Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Prometeo nell'atto di rubare il fuoco al Sole

lettura, Brahe ha il coraggio di superare una concezione mai veramente messa in discussione fino ad allora, quella tolemaica, scardinando l'immutabilità mitologica del mondo celeste e riportando il fuoco della conoscenza all'uomo con la demolizione delle sfere cristalline e aprendo così la strada ad un futuro sviluppo. Dall'altro lato, però, egli è anche troppo "amico degli uomini", proprio come Prometeo, arrivando al punto di rubare qualcosa che era stato loro tolto per restituirglielo. Il fatto che nella raffigurazione ci sia proprio il Sole, e non il carro di Elio o la fucina, come già fatto notare, potrebbe significare simbolicamente anche che Brahe, come Prometeo, ruba al Sole qualcosa che non spetta all'ambito terrestre: il centro, il "fuoco" del sistema solare. Tycho Brahe appare quindi nell'affresco e nel riquadro come una figura importantissima nell'ambito astronomico, ed al contempo come un Prometeo che, se da una parte aiuta il progresso del pensiero, dall'altra però rimane ancora troppo ancorato alla realtà umana per toglierle quel centro che le appartiene.

Riquadro monocromatico

5.4 Galilei

Il quarto affresco rappresenta Galileo Galilei. Come si nota non è un Galilei giovanile o anziano: i capelli cominciano ad ingrigire, come la barba e i baffi, lo sguardo è pungente. Come indumento di riconoscimento indossa la toga accademica. Anche questo ritratto sembra far fede all'*Astronomica Institutio*, per tratti somatici, posa ed abiti. La toga con pelliccia è un indumento tipico dell'iconografia galileiana, come si vede in tre famosi ritratti in (fig.5.11). Fatto singolare, in realtà, se si pensa all'opinione esternata dal giovane venticinquenne astronomo su

tale vestito in *Contro il portar la toga* [Galilei 1589], di cui si riporta la conclusione:

Galilei e la toga



Figura 5.10: *Affresco di Galilei nella Sala delle Figure*

Se tu vai fuor per far qualche faccenda,
 Se tu l'hai a far innanzi desinare,
 Tu non la fai che gli è or di merenda,
 Perché la toga non ti lascia andare,
 Ti s'attraversa, t'impaccia e t'intrica,
 Ch'è uno stento a poter camminare.
 E però non par ch'ella si disdica
 A quei che fanno le lor cose adagio
 E non han troppo a grado la fatica,
 Anzi han per boto lo star sempre in agio,
 Come dir frati o qualche prete grasso,
 Nimici capital d'ogni disagio,
 Che non vanno mai fuor se non a spasso,
 Come diremmo noi, a cercar funghi,
 E se la piglian così passo passo.
 A questi stanno bene i panni lunghi,
 E non a un mie par, che bene spesso
 Ho a correr perch'un birro non mi giunghi;
 E ho sempre paura di qualche messo,
 O che 'l Provveditor non mi condanni,
 Ch'a dire il vero è un vituperio espresso.
 Però, prima ch'usar più questi panni,
 Vo' rinunziar la cattedra a Ser Piero,
 E se non la vuol lui, a Ser Giovanni.

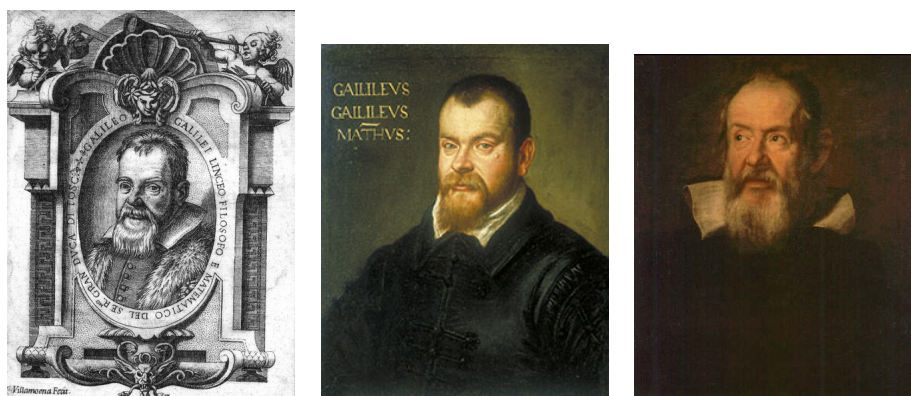
Io vo' che noi facciamo a dir il vero:
 Che crediam noi però però ch'importi
 Aver la toga di velluto nero,
 E un che dreto il ferraiuol ti porti,
 E che la notte poi ti vadia avanti
 Con una torcia, come si fa a' morti?
 Sappi che questi tratti tutti quanti
 Furon trovati da qualcuno astuto,
 Per dar canzone e pasto agl'ignoranti,
 Che tengon più valente e più saputo
 Questo di quel, secondo ch'egli arà
 Una toga di rascia o di velluto.
 Dio sa poi lui come la cosa sta!
 Ma s'io avessi a dire il mio parere,
 Questo discorso un tratto non mi va.
 Ch'importa aver le vesti rotte o intere,
 Che gli uomini sien Turchi o Bergamaschi,
 Che se gli dia del Tu o del Messere?
 La non istà ne' rasi o ne' dommaschi;

Anzi vo' dirti una mia fantasia,
 Che gli uomini son fatti com' i fiaschi.
 Quando tu vai la state all' osteria,
 Alle Bertuccie, al Porco, a Sant' Andrea,
 Al Chiassolino o alla Malvagia,
 Guarda que' fiaschi, innanzi che tu bea
 Quel che v'è drento; io dico quel vin rosso,
 Che fa vergogna al greco e alla verdea:
 Tu gli vedrai che non han tanto in dosso,
 Che 'l ferravecchio ne dessi un quattrino;
 Mostran la carne nuda in sino all'osso:
 E poi son pien di sì eccellente vino,
 Che miracol non è se le brigate
 Gli dan del glorioso e del divino.
 Gli altri, ch'han quelle veste delicate,
 Se tu gli tasti, o son pieni di vento,
 O di belletti o d'acque profumate,
 O son fiascacci da pisciarvi drento.

Il poemetto, scritto nel 1589, fa riferimento al periodo di docenza nella città natale dello scienziato e critica sarcasticamente la volontà del governo mediceo e il compiacimento dei professori pisani riguardo all'obbligo di sfoggiare la toga anche al di fuori dell'ambito universitario. In realtà, come ricordato anche da Federico Tognoni in [Tognoni 2013], questa avversione viene meno appena si presenta l'occasione di farsi ritrarre e la toga diventa, al pari del cannocchiale, un elemento distintivo del suo personaggio, fissandone la memoria e connotandone la dimensione professionale. Lo sfondo dell'affresco, invece, incornicia Galilei in un colonnato classico al di sotto di una volta, forse riferimento al suo amore per il cerchio, retaggio platonico di perfezione dal quale non si staccherà mai. Nella mano destra regge l'altro oggetto simbolico che lo rappresenta: il cannocchiale.

Il primo cannocchiale venne costruito all'inizio del XVII da Hans Lippershey. Galilei viene a conoscenza dello strumento nel 1609 a Venezia e decide di costruirne uno per uso personale, riuscendo inizialmente a realizzare uno strumento da tre ingrandimenti. Successivi miglioramenti lo portarono a presentare al Doge e ad altri nobili veneziani un cannocchiale con 8 ingrandimenti, che colpisce positivamente gli spettatori, tanto da fruttargli la cattedra permanente di matematica a Padova ed un aumento di stipendio. Nello stesso anno riesce a raggiungere i venti ingrandimenti ed una qualità superiore a tutti i cannocchiali allora presenti in Europa, inizia ad ottenere i primi incredibili risultati osservativi della superficie lunare scalzando anche l'ultima parvenza di perfezione del mondo celeste. Il nome "telescopio" viene proposto dal fondatore dell'Accademia dei Lincei, Federico Cesi, nel 1611. Della vasta produzione galileiana di cannocchiali ne sopravvivono soltanto due esemplari del 1610, conservati al Museo Galileo di Firenze. Uno è composto da un tubo

Il cannocchiale



(a) "Ritratto di Galileo Galilei", incisione di Francesco Villamena. Dall' *ISTORIA E DIMOSTRAZIONI INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI* (1613). (b) "Ritratto di Galileo Galilei", di Domenico Tintoretto, 1605-1606. National Maritime Museum, Greenwich (1613). (c) "Ritratto di Galileo Galilei" di Justus Suttermans, 1636. Galleria degli Uffizi, Firenze

Figura 5.11: Ritratti di Galileo.

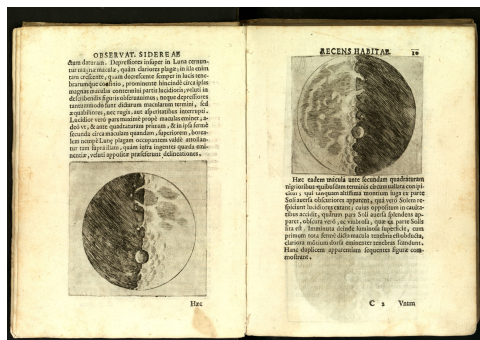
principale in due sezioni semicircolari unite con filo di rame, e altre due sezioni contenenti una l'obiettivo e l'altra l'oculare; il primo è una lente biconvessa con diametro di 51mm, mentre il secondo è una lente piano-concava, con concavità rivolta verso l'occhio, e diametro di 26 mm. Essi hanno distanze focali rispettivamente di 1330mm e -94mm. La capacità di ingrandimento di questo telescopio è di 14x, mentre il campo visivo è 15' [Galileo 2015a]. Il secondo cannocchiale, del quale però si è perso l'oculare originale, ha il tubo principale formato da listelli di legno, rivestito con pelle rossa e fregi d'oro, alle estremità del quale s'inseriscono due sezioni separate con obiettivo ed oculare. L'obiettivo è piano-convesso, con lato convesso verso l'esterno, e misura 37mm di diametro; ha una distanza focale di 980mm.



Figura 5.12: *Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Endimione mentre osserva la Luna.*

20x. Con l'oculare biconcavo ottocentesco, l'ingrandimento è di 20x. Esso misura approssimativamente 920mm ed è composto di due pezzi per allungarlo [Galileo 2015b]. Proprio il cannocchiale è la parte che differisce dal probabile disegno di riferimento: se nella calcografia del libro esso è lungo circa un metro, nell'affresco arriva al massimo a 40-50cm, dando l'impressione di essere "chiuso". Questa scelta è facilmente legata allo spazio fisico

disponibile per i dipinti, sviluppati in verticale. Seppure una delle scoperte più famose e conosciute di Galileo siano i satelliti di Giove e la strana forma -spiegata più avanti da Huygens- di Saturno, il riquadro monocromatico non fa riferimento a pianeti, ma richiama invece la Luna attraverso il mito di Endimione. Questo accade anche nell'iconografia galileiana in generale, come testimonia l'immagine tratta dal frontespizio della prima edizione delle *Opere di Galileo*(1655) in [fig.5.13c]. D'altra parte la Luna occupa una parte molto importante delle osservazioni galileiane, dal momento che essa è il primo oggetto celeste osservato telescopicamente. Nel



(a) Disegni dei crateri e monti lunari tratti dal *SIDEREUS NUNCIUS* (1610).



(b) Disegni dei crateri e monti lunari tratti dal *SIDEREUS NUNCIUS* (1610).



(c) "Galileo onora l'Astronomia, l'Ottica e la Matematica. Antiporta allegorica incisa da Stefano Della Bella" incisione di Stefano DELLA BELLA, 1655. Frontespizio di *OPERE DI GALILEO*, Bologna (1655).

*Selene ed Endimione:
il riquadro
monocromatico*

mito di Endimione, Selene si innamora perdutamente del giovane. Per il desiderio di poterlo amare per sempre senza che morisse (o per altri motivi a seconda delle diverse versioni del racconto), Endimione viene fatto cadere in un sonno profondo ed eterno, mentre lei gli fa visita ogni notte. Egli è quindi il primo a conoscere il vero volto della Luna, a "vederla da vicino", proprio come Galileo è colui che ne scardina la perfezione definitivamente, arrivando a conoscerla meglio di chiunque altro al tempo e rivelandone il vero aspetto. Nel disegno del riquadro questo riferimento è reso ancora più chiaro dal fatto che il giovane abbia gli occhi aperti, cioè sia ritratto nell'atto di guardare la Luna, non in quello del dormire per effetto dell'amore di Selene.

5.5 Keplero

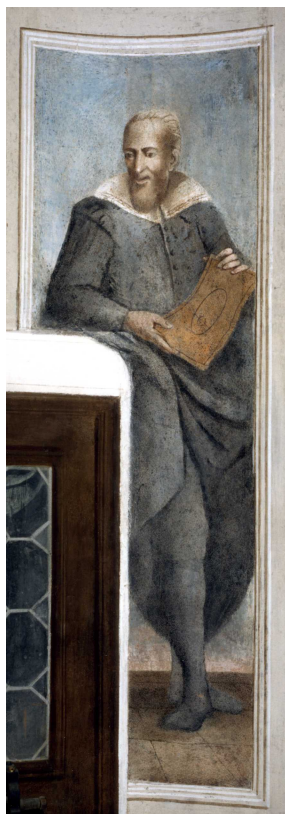


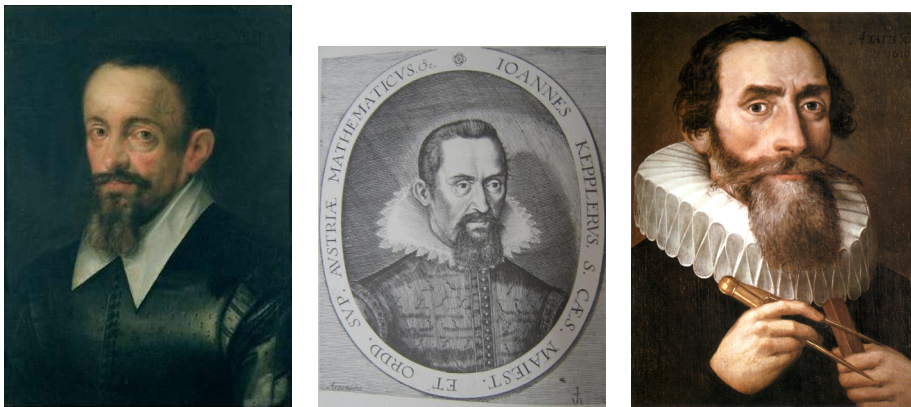
Figura 5.13: *Affresco di Keplero nella Sala delle Figure*

L'affresco successivo rappresenta Keplero. Per quanto riguarda i vestiti, come si vede Keplero rappresenta l'altro lato della moda del Seicento: abito semplice, di colore scuro, praticamente monocromatici. Brahe rappresentava la nobiltà ed il ceto elevato alla fine del Cinquecento, quando accanto all'elegante nero si esibivano frequentemente colori sgargianti. In particolare nei Paesi protestanti, dopo la riforma luterana, il colore nero e la sobrietà nella forma invadono il vestiario. Non solo per i motivi di eleganza del mondo cristiano, ma anche per un senso di umiltà e avversione ai fasti. I colori, in questo contesto, assumono significati fortemente simbolici: il rosso, ad esempio, viene bandito da Lutero in quanto rappresenta il colore della Chiesa di Roma meretrice e, in generale, viene associato alle prostitute (che vengono costrette a vestire con questo colore) e a significati negativi. Keplero era di fede luterana ed il suo abbigliamento si inserisce in quest'ambito. L'unica nota chiara del vestito è il largo colletto bianco. Anche osservando i pochi ritratti dell'astronomo si notano i neri ed il colletto (fig.5.14). Nell'affresco, Keplero appare anche

canuto, con capelli, baffi e barba ormai quasi completamente bianchi. Osservando bene il busto intero, però, si può notare anche che la veste viene poco caratterizzata a partire dalla metà del busto in giù. Vengono connotati i bottoni, un po' le pieghe del vestito, ma mancano i confini tra pantaloni, calze e scarpe. Questo ritratto è il primo che non trova corrispondenza nel Luyts e probabilmente è stato quindi preso da qualche altra immagine di riferimento, ma non è

*Iconografia
vestiti e colori*

semplice poter capire quale, proprio per la limitata presenza di raffigurazioni pittoriche di questo scienziato. Il più somigliante forse è un'incisione del 1620-1621 eseguita da Jacob van der Heyden (fig.5.14b), un incisore ed editore di Strasburgo. Si può anche notare come Brahe, Copernico e Galilei abbiano tratti del viso spiccatamente ripresi dalle immagini che circolavano al periodo e tra loro simili. Di contro, Keplero ha volti anche molto diversi nei pochi ritratti esistenti, che hanno in comune solamente una sorta di "iconografia" con viso stempiato, barba e baffi arrotondati e naso pronunciato.



(a) "Johannes Kepler", di Hans von Aachen, 1612. Rychnov nad Kneznou, Orlicka Galerie.

(b) "Ioannes Keplerus", calcografia di Jakob van der Heyden, 1620-1621.

(c) "Johannes Kepler". Ritratto da artista sconosciuto, 1610.

Figura 5.14: Ritratti di Keplero

Quello che però interessa più di tutto nell'affresco è il foglio che Keplero tiene tra le mani e che rappresenta un'orbita ellittica con il Sole che occupa uno dei due fuochi. L'astronomo non fornisce motivazioni fisiche per giustificare il moto planetario e quello terrestre, le forme orbitali o il perché della sua terza legge. Egli è il passaggio intermedio tra le osservazioni di Brahe e la fisica teorica di Newton. In effetti anche la collocazione spaziale dell'affresco è significativa. In quanto allievo di Tycho ed erede dei suoi dati, potrebbe sembrare che il suo posizionamento dopo Galileo sia anomalo e dovuto solamente ad un ordine cronologico rispetto alla data di nascita. I due astronomi potrebbero invece essere in questa sequenza anche per un motivo "di narrazione". Come tipico delle epoche nelle quali l'alfabetizzazione era a portata di pochi ed i libri avevano un costo notevole, spesso agli affreschi e alle opere d'arte viene assegnato un compito didattico. Nel caso della Sala delle Figure, la didattica è già di livello elevato, comprensibile a chi ha conoscenze almeno basilari su alcuni argomenti e personaggi. A questo pubblico il colpo d'occhio delle figure riassume le principali tappe dello sviluppo astronomico ed i singoli contributi ad esso apportati da ciascun personaggio. La più grande innovazione di Keplero è l'introduzione dell'orbita ellittica, anche se manca della spiegazione completa che arriverà solamente con Newton. Galilei come già fatto presente,

L'ellittica

invece, rimane legato al cerchio; inoltre, le scoperte del suo cannocchiale hanno un impatto più veloce ed immediato nell'immaginario del tempo, quelle di Keplero al contrario non si affermarono subito. Rappresentare prima quest'ultimo, a prescindere dalle date di nascita, sarebbe stata un'involuzione della linea narrativa della Sala. Sospetto per questo che le date di nascita in questo caso siano state relative per la collocazione (tra l'altro, quelle di morte non seguirebbero lo stesso ordine cronologico). Keplero è anche una personalità fortemente spirituale e perviene alla formulazione delle tre leggi con ragionamenti sempre legati all'armonia ed alla geometria del cosmo, con una visione quasi pitagorica commista alla sua fede. Basti pensare che l'ultima legge viene esposta nell'*Harmonices mundi* (1619), un trattato sulle proporzioni armoniche dei moti celesti e di ogni ambito umano, compreso quello musicale. Tra l'altro, il testo nel primo libro contiene proprio una citazione tratta dal *Commento al I libro degli Elementi di Euclide* dell'importante neoplatonista Proclo Diadoco. Proprio da una proporzione fondamentale nella musica sembra possa essere arrivata all'astronomo l'ispirazione per la potenza corretta della Terza Legge. Si legge infatti in [Keplero 1619, libro V, capitolo III]:

Il 15 maggio 1618, dopo diciassette anni di lavoro e meditazione sui dati di Brahe [...]un lampo improvviso disperse le tenebre della mia mente [...]mostrandomi [...]come cosa sicurissima ed esattissima il fatto che la proporzione, che esiste tra le distanze medie ed i periodi dei pianeti sia proprio la proporzione sesquialtera³



Figura 5.15: Riquadro monocromatico mitologico raffigurante il giudizio di Tmolo sulla sfida musicale tra Apollo e Pan. Disteso vicino a Pan c'è re Mida.

Proprio la musica è la protagonista dell'episodio narrato nel riquadro monocromatico corrispondente. Vi è infatti rappresentato l'esito della contesa musicale tra Apollo e Pan narrata nelle *Metamorfosi* di Ovidio (Libro XI). Il mito racconta che re Mida, stancatosi della propria ricchezza, si ritira nei boschi e passa il suo tempo in compagnia del Pan. Il dio satiro si ritiene talmente bravo a suonare la zampogna da decidere di sfidare Apollo. Il giudice della contesa è

il monte Tmolo, nel riquadro la figura avvolta dalle nubi sulla sinistra, che di-

³La proporzione sesquialtera è fondamentale nella musica occidentale. Una corda tesa di può dividere in due parti, a e b; quando $a = 3/2b$, pizzicando i due segmenti si ascolta l'intervallo sesquialtero, detto modernamente "di quinta", e permette di ricostruire tutta la scala musicale.

chiara vincitore Apollo, come si vede anche dal gesto d'indicare il cielo. Soltanto Mida ritiene migliore la musica di Pan e per questo viene punito da Apollo: non ritenendolo degno d'avere orecchi da uomo, fa crescere sul capo del re due orecchie d'asino. È utile ricordare la natura di Apollo: è sì il dio della luce solare, ruolo che condivide con Elio, ma ha anche il dominio sulla medicina, l'arte, la musica e la divinazione. Come si vede, sono attributi che misticamente anche Keplero attribuisce al Sole. L'accostamento fatto dagli autori degli affreschi, in particolare probabilmente da Toaldo, pare quindi essere Keplero-Tmolo: lo scienziato punta con decisione il dito verso il Sole e le armonie celesti, preferendole alle "armonie umane", inferiori. Pan infatti è un dio mezzo capra, legato alla terra, alla pastorizia. Keplero-Tmolo quindi è colui che finalmente comincia ad avere gli strumenti per riportare il Sole-Apollo alla sua posizione naturale, quella al centro del sistema. Così le armonie tra i pianeti vengono riconosciute, anche se non spiegate, e la dimensione umana recupera il ruolo che le spetta. I suoi predecessori, che non hanno riconosciuto questa verità celeste (Pan non può che peccare di presunzione nello sfidare un dio celeste del calibro di Apollo) diventano quindi Mida, punito con la crescita di orecchie d'asino. Seppur non rappresentate, sicuramente la fine del povero re era ben nota a chi aveva una cultura di base e perciò il riferimento del quadro monocromatico diventa sottile. Come ricordato anche da [Ripa 1593], le orecchie d'asino richiamano sì l'ignoranza, ma anche l'arroganza.

*Riquadro
monocromatico*

5.6 Newton

Dopo Keplero, nella Sala trova posto Isaac Newton. I colori dell'affresco sono nuovamente semplici, sui toni del blu e dell'avorio, con sfumature gialle. Come si vede la moda torna ad essere quella francese, dominante all'epoca, stavolta non legata alle nobili origini, ma all'importanza del personaggio. Spoglio di tutti i ricami che ancora all'epoca andavano per la maggiore, l'"abit à la français" di Newton trasmette sobrietà ed eleganza, anticipando un po' quella che sarà la tendenza dal 1700 in poi. Il completo è costituito da una marsina blu al ginocchio, calzoni (coulottes) blu a tono, scarpette scure ed una sottomarsina a contrasto gialla lunga fino alla coscia. Il colletto ampio lascia posto alla cravatta avorio. Questo abbigliamento compare nella maggior parte dei ritratti dello scienziato, proposto qui senza la parrucca, la quale ormai comincia a non far più parte dell'iconografia inglese. Dati i molti ritratti e calcografie di Newton presenti anche nelle opere pubblicate, Toaldo e Ciesa probabilmente non hanno avuto difficoltà a reperirne uno di riferimento per l'affresco, anche se non è facile identificare la fonte originale. La fisionomia particolare, con volto rettangolare, naso dritto, labbra sottili, fossetta sul mento e capelli mossi è infatti molto puntuale. I due colori principali scelti donano alla figura l'autorità che le spetta, contribuendo anche a far risaltare l'oggetto che lo scienziato tiene in mano: la rappresentazione della forza di gravità. Newton contribuisce allo sviluppo

Vestiti e colori

scientifico in molteplici ambiti, matematica, fisica, astronomia e anche ottica.



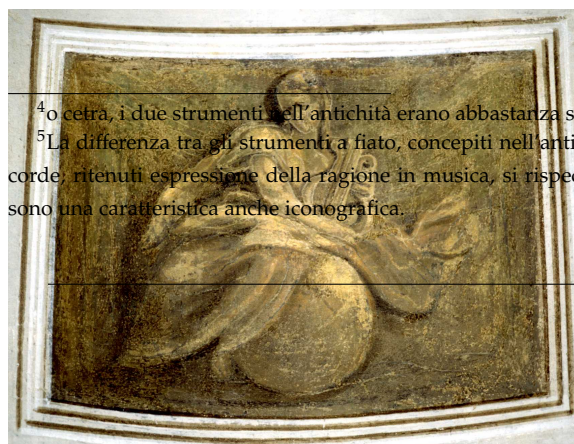
Figura 5.16: *Affresco di Newton nella Sala delle Figure*

È infatti l'uomo che restituisce ai colori un significato fisico e non solamente magico; da questo punto di vista, in un certo senso li riabilita anche nel vestiario, sdoganandone alcuni dai significati demoniaci e negativi. Nell'*Opticks* infatti dimostra la loro natura paritaria ed unitaria: tutti sono ottenuti dalla scomposizione della luce bianca e la loro unione riporta alla luce bianca. Nel suo ritratto, quindi, non possono venir usati che con criterio. Ecco allora che il blu della sua giacca diventa il blu del cielo su cui si stagliano il Sole giallo, visivamente equilibrato dalla camicia, e la Terra, che tiene tra le mani. La forza di gravità, di difficile rappresentazione, viene figurativamente espressa da un filo bianco che lega le due masse e che ben si staglia sullo sfondo scuro. L'altra mano poggia su un libro, molto probabilmente i *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

Il riquadro monocromatico sovrastante lo lega in modo molto forte a Keplero. Vi è rappresentata infatti la Musica, come si evince anche da [Ripa 1593]: la Musica, infatti, è descritta come una dama seduta su una palla con una lira⁴ in mano. La palla rappresenta il fatto che

tutta l'armonia della Musica sensibile si riposa, fonda nell'armonia de' Cieli, conosciuta da' Pitagorici, della quale ancora noi per virtù d'essi partecipiamo, & però volentieri porgemo gli orecchi alle consonanze armoniche, & musicali.

Nel riquadro monocromatico riferito a Keplero la musica non è esplicitata: essa è l'oggetto della contesa, viene giudicata, riconosciuta. Non viene svelata, né spiegata, viene solamente additata quella di Apollo come migliore. Ma nemmeno Apollo viene mostrato direttamente. Ci sono tre elementi che legano i due riquadri: il primo è un generico riferimento alle armonie celesti, la Palla e l'indicazione di Tmolus; il secondo è un riferimento implicito ai Pitagorici; il terzo è il riferimento ad Apollo. Pan, infatti, è pure legato alla musica, ma attraverso gli strumenti a fiato⁵.



Non appaiono però flauti o altri strumenti in generale accanto alla Musica: il solo è la

⁴o cetra, i due strumenti nell'antichità erano abbastanza simili

⁵La differenza tra gli strumenti a fiato, concepiti nell'antica Grecia come istintivi, e gli strumenti a corde, ritenuti espressione della ragione in musica, si rispecchia anche nelle due divinità delle quali sono una caratteristica anche iconografica.

lira tra le sue mani. E proprio "Citarista" o "Citaredo" (κίθαροῖδός) è uno degli epiteti di Apollo: citarista è colui che suona la lira, la cetra o l'arpa. È più che chiaro quindi che la Musica nel riquadro è quella celeste, di Apollo-Sole, finalmente svelata. Newton fornisce quella base teorica rigorosa, quella "musica razionale" che Keplero aveva soltanto saputo mostrare. Newton si basa

su Keplero, ma riesce ad andare oltre, a raggiungere il piano celeste -non divino, infatti la Musica non è una divinità- superiore e a dare forma e ragione dell'astratto. L'astronomia compie con lui un nuovo salto, passando dalla geometria alla fisica, dal suono della lira e dai rapporti delle sue corde all'inezienza dell'entità, divenendo parte della matematica. Newton è colui che permette questo salto, ed è colui che spiega la vera natura armonica: è la forza di gravità il motore che muove i cieli, le dita che pizzicano le corde celesti.

*Riquadro
monocromatico*

5.7 Montanari

Da ogni odio assolte in pio ozio sincero
splendon, per te, GEMINIANO, le stelle;
che, ò non è scritto, ò non si legge in quelle
de l'alta Provvidenza il gran Pensiero;

Fin che presaghe fur, qual Orsa, ò Arciero
fù detta, ò Angel di Giove, ò Monton d'Elle;
ma riedon, tua mercè, veraci, e belle,
qual di conviene à chi è si presso al Vero.

Hor se tanto cantò garrula fama
i bugiardi Misteri, onde l'ardore
innocente degl'Astri ancor s'infama;

Che sia di Lui, ch'ogni maligno orrore
lor toglie, e noi d'antico error richiama,
empiendo noi di lume, e'l Ciel d'onore?

*(Sign. Con. Girolamo Firigimelica Roberti, a Geminiano Montanari, da
[Montanari 1695])*



Figura 5.18: *Affresco di Montanari nella Sala delle Figure*

Geminiano Montanari fu filosofo e matematico alla corte del duca Alfonso IV, professore di matematica all'università di Bologna e successivamente professore di Astronomia e Meteore all'università di Padova. E proprio con la tonaca universitaria viene rappresentato nell'affresco nella Sala delle Figure, con un telescopio in mano. Nel suo caso il telescopio ha molti riferimenti: al suo interesse principale, l'astronomia, alla sua partecipazione alla fondazione di ben due osservatori nella Serenissima, quello Correr di Venezia e quello del Seminario di Padova, al suo legame con Galilei tramite l'influenza di Paolo del Buono suo allievo. Questo legame è molto profondo e viene lasciato intendere da Toaldo con la scelta di non sostituire il telescopio con un libro o altro: Geminiano infatti lo tiene in mano anche nell'immagine di riferimento, tratta dall'antiporta de *L'astrologia convinta di falso*, da dove è presa anche la citazione precedentemente riportata. Galileo e Montanari sono gli unici due personaggi della Sala a tenere in mano questo strumento: entrambi applicano il metodo galileiano nello studio della natura ed il secondo si spinge ad infrangere, grazie a questo metodo, un altro tabù legato agli studi astronomici, quello degli studi

astrologici. Sebbene nel tempo la componente astrologica avesse perso man mano importanza tra gli studiosi del campo, uno dei principali compiti dell'astronomo dal punto di vista "popolare", per così dire, era ancora quello di formulare previsioni astrologiche. Montanari ridà finalmente la dignità di scienza rigorosa all'astronomia scindendola dall'astrologia e dimostrando, grazie al suo almanacco, che quest'ultima non ha fondamento di realtà. Tuttavia, vi è anche una profonda differenza con Galilei: mentre per quest'ultimo Aristotele è quasi un avversario, il rappresentante della fissità del pensiero a cui contrapporre l'avanzamento delle evidenze osservative, Geminiano riporta Aristotele alla figura di studioso del suo tempo, spogliandolo della parte mitologica con cui era stato ammantato e restituendolo come autentico studioso razionale. Nella sua *Astrologia convinta di falso* si legge, infatti:

Ne qui voglio lasciar di notare una cosa, che da molti in questo proposito vien avvertita, fuorché da quelli, che sostengono per vera l'Astrologia, e che chiamano in suo favore, se non Aristotele, almeno la sua dottrina; e che l'istesso Aristotele in moltissimi de suoi Problemi ricerca la cagione di varij effetti naturali che sembrano haver collegate le cause co' moti celesti, ne giammai ricorre perciò alle occulte influenze, ma si sforza di renderne le ragioni palesi, e naturali; [...].egli senza giammai far parola di occulte virtù delle stelle, tutto alle

Montanari contro
l'astrologia

conversioni del Sole, e della Luna, alle stagioni, lunghezza de giorni, accesso, é recesso de Luminari con fisica ragione riferisce. [. . .]

Montanari quindi ha tutti il diritto di stare nella Sala tra i grandi dell'astronomia grazie al suo contributo a quella padovana, e a quella europea, in particolare per la scissione decisa dall'astrologia.

La riabilitazione di Aristotele da parte di Montanari viene raccontata anche nel riquadro superiore, dove vi è rappresentato proprio il filosofo mentre scrive le sue dottrine su due colonne, una di pietra, per resistere al Diluvio, ed una di creta, per resistere al fuoco. D'altra parte le colonne sono legate alla figura di Aristotele quale maestro anche dal Peripato, la sua più famosa e celebrata scuola. Essa sorgeva in un pubblico ginnasio, detto "Liceo" perché sacro ad Apollo



Figura 5.19: *Riquadro monocromatico mitologico raffigurante Aristotele mentre incide su due colonne le sue dottrine.*

Licio, e deve il nome proprio alla parte del giardino dove un colonnato coperto permetteva ad Aristotele ed ai suoi allievi di passeggiare discutendo (Περίπατος significa appunto "la passeggiata"). Nonostante i moltissimi ambiti trattati dal filosofo, Montanari nel suo libro pare puntare sull'aspetto più 'scientifico' della sua dottrina, alla parte razionale di ricerca delle cause tramite le osservazioni della natura. Aristotele in questo senso superava la fallacia dell'esperienza sensibile nel platonismo, arrivando a riconoscere alla mente umana l'intuizione (νοῦς), la capacità cioè di pensare se stessa, con consapevolezza e libertà, riuscendo ad estrarre l'universale dalle realtà empiriche. Questo aspetto della scienza è quello noetico, e la conoscenza a cui porta è la corrispondenza tra realtà ed intelletto. Da sola però la νοῦς non basta: è necessaria alla scienza anche la logica, o meglio l'analisi (ἀνάλυσις), nella forma deduttiva del sillogismo. Queste sono le due colonne portanti del pensiero, tanto più di quello scientificamente valido: la parte induttiva e la parte deduttiva. Montanari, al contrario di Galilei, reinterpreta la figura di Aristotele come un precursore del metodo scientifico, un maestro fino ad allora limitato all'errore perché visto solamente con il padre delle sfere cristalline e del sistema geocentrico. Riconoscendo il meccanismo del pensiero e gli strumenti messi a disposizione dal filosofo, Geminiano non solo lo riabilita, ma riesce anche a sfruttarlo per liberare il pensiero astronomico dalla non scienza astrologica.

Montanari,
Aristotele:
il riquadro
monocromatico

5.8 Poleni



Figura 5.20: *Affresco di Poleni nella Sala delle Figure*

L'ultimo ritratto presente nella Sala delle Figure è direttamente legato a Toaldo: rappresenta, infatti, Giovanni Poleni, che ricoprì molteplici cattedre diverse all'interno dell'università di Padova, da quella di Astronomia e Meteorologia, a quella di matematica, da quella di filosofia sperimentale fino a quella di nautica e costruzioni navali, estremamente importante per una repubblica marinara come la Serenissima. Personaggio dalla conoscenza eclettica e dalla vasta preparazione, viene rappresentato con la toga e la parrucca, simboli del prestigio accademico e non solo, dato che era anche marchese. La parte cromatica rimanda ai colori utilizzati per Newton, sottolineandone l'importanza. Non viene rappresentato con nulla di distintivo in mano, ma solo in una posa solenne. Come indica la presenza di una corrispondenza epistolare, Poleni ebbe contatti anche con Cerato e, come testimonia anche una statua che lo rappresenta in Prato della Valle (ora sostituita da una copia per evitarne la rovina)⁶, è ritenuto personaggio di spicco nel panorama padovano. Per quanto riguarda Toaldo, invece, è probabile che quest'ultimo avesse frequentato lezioni private dal marchese e proprio da lui potrebbe aver appreso nozioni base di architettura ritornategli utili poi nel sovrintendere i lavori per la Specola. Ricordiamo

che quando iniziarono le attività all'osservatorio, Toaldo permise a Cerato di aprirvi all'interno una scuola di architettura. Ma l'astronomo ha anche altri motivi per essere riconoscente a Poleni, come risposta anche in *Saggio Meteorologico*[Toaldo 1797]:

Poleni e Toaldo

[...]Uno di questi Uomini benemeriti fu il Chiarissimo nostro Sig. March. Poleni, il quale corrispondendo all'invito pubblicato dal Sig. Giacomo Giurin della Reale Società di Londra, fin dal 1725, fra tante sue dotte occupazioni, intraprese e continuò poi fino alla sua morte un Giornale non interrotto di osservazioni meteorologiche quivi in Padova; le quali continuate anche dopo dal Sig. March. Abate dignissimo di lui figlio, formano una serie di 40 e più anni. [...]

Ho avuto nello stesso tempo con egual cortesia dal Sig. Tommaso Temanza,

⁶La statua di Poleni venne commissionata al Canova nel 1781. L'artista cominciò a lavorare all'opera, ma dovette sospenderla in quanto venne convocato a Roma, completandola anni dopo. La statua rimase in Prato della Valle fino a circa il 1963, venendo poi trasferita nel chiostro del museo civico di Padova per sottrarla agli agenti atmosferici. Attualmente è sostituita da una copia realizzata da Luigi Strazzabosco.

celebre Architetto, e Ingegnere Veneto, discepolo del medesimo Sig. March. Poleni[...]

[...]

Da questo consenso risultò un mirabile consenso di cose, non aspettato, che forma un'induzione ben forte, per fondare quelle conseguenze, che ad imitazione de' Medici ho creduto poter chiamare "Aforismi Meteorologici". [...]

Quello a cui fa riferimento Toaldo è la sua teoria dei cambiamenti del tempo, legata alle fasi lunari, su basi statistiche, detta teoria dei "punti lunari". Essa gli diede notorietà in tutta Europa e riporta alla meteorologia il riconoscimento di disciplina scientifica. Per elaborarla Toaldo si basò sulle scrupolose osservazioni di Poleni registrate nell'arco di più di quarant'anni.

Non stupisce quindi che nel riquadro monocromatico sia rappresentato Chirone ($\Xi\epsilon\text{-}\iota\rho\omega\nu$), il più saggio e benevolo tra i centauri, esperto di arti, scienze, medicina e maestro di numerosi eroi. Secondo il mito, Chirone era amico di Eracle, ma questi, in uno scontro con i centauri avvenuto proprio nella grotta dove abitava, lo colpì al ginocchio con una freccia intrisa nel veleno dell'Idra. Non sopportando il dolore, Chirone scambiò la sua immortalità con Prometeo in modo da poter morire. Zeus, però, che aveva a cuore il vecchio centauro, lo volle in cielo e generò la costellazione del Centauro. Nonostante il mito contenga sia richiami ad Eracle, sia riferimenti a Prometeo, quanto sottolineato nell'affresco è solamente la natura di guida e maestro di Chirone: egli appare infatti nell'atto di istruire un giovinetto tramite la sfera armillare, quindi sulla scienza astronomica. Questa probabilmente era anche la visione della persona di Poleni che Toaldo aveva.



Figura 5.21: *Riquadro monocromatico mitologico raffigurante il centauro Chirone mentre istruisce un giovinetto con la sfera armillare.*

Capitolo 6

Origine dei dipinti

Dopo che Giacomo Ciesa e Toaldo concordarono cosa raffigurare nella Sala delle Figure dovettero anche ricercare fonti, figure o modelli dai quali poter copiare fisionomie e riferimenti iconografici dei personaggi. In particolare, l'artista avrebbe avuto bisogno di riferimenti per i bozzetti. Come già citato nel capitolo precedente, si è trovata un'immagine che presenta moltissime somiglianze con ben quattro degli affreschi. Si tratta dell'antiporta calcografica a firma di Joseph Mulder e Gerard Hoet (fig.6.1) del libro *Astronomica institutio, in qua doctrina sphaerica atque theorica, intermixto usu sphaerae coelestis, & variis chronologicis, pertractantur. Adjunctae sunt in illustrationem argumenti pluribus in locis figurae aeneae diversae*, edizione del 1692, ad opera di Jan Luyts [vedi: Luyts 1692].

Come si nota, in questa incisione compaiono due gruppi di astronomi: sulla destra i tre teorizzatori dei sistemi cosmologici, Tolomeo, Copernico e Brahe, con i rispettivi modellini in mano; sulla sinistra due astronomi "osservativi", Galileo ed Hevelius, con gli strumenti di osservazione. Nel mezzo, seduto ad un tavolo quale un maestro, c'è Ipparco di Samo, padre della trigonometria e precursore di Tolomeo. Il greco sembra quasi incrociare la sfera armillare che tiene in mano con il telescopio di Galilei, quasi fossero due spade; il gesto probabilmente rimanda al conflitto tra le osservazioni e la cosmologia basata sugli antichi. Ai piedi di Ipparco sono appoggiati vari strumenti astronomici: un globo celeste, dei libri, un quadrante orario con cursore mobile e le linee orarie, un compasso, dei regoli, una ballestriglia ed anche un telescopio. Ipparco, infatti, era in realtà un astronomo che basava le proprie teorie sulle osservazioni: ne registrò molteplici da Rodi; fu anche geografo. La sua persona si conosce principalmente tramite l'*Almagesto* di Tolomeo, e quindi spesso viene accostato a questa figura. Le somiglianze tra i dipinti e la calcografia citata si possono notare nel dettaglio nelle figure (fig.6.2), (fig.6.3).



Figura 6.1: *Antiporta dell'ASTRONOMICA INSTITUTIO* (1692) di Jan Luyts, opera calcografica sull'antiporta a firma di Joseph Mulder e Gerard Hoet.

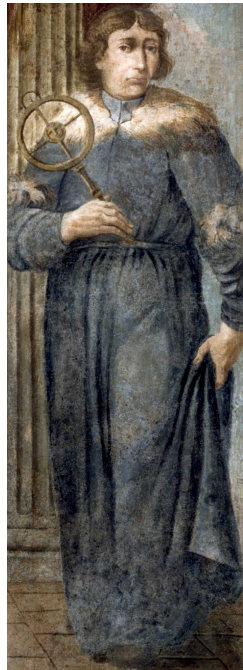
Può essere interessante cercare di capire anche dove i due incisori abbiano attinto per i ritratti dell'antiporta. Si confronti ad esempio il frontespizio delle *Tabulae motuum coelestium prespetuae* (1632, Middelburg) di Philip Lansberg (1561-1632). Quest'ultimo era un prete ed astronomo olandese, quindi connazionale di Mulder e Hoet, e divenne famoso proprio per le sue tavole calcolate secondo il sistema



(a) Tolomeo raffigurato nella Sala delle Figure.



(b) Tolomeo nella calcografia del libro.



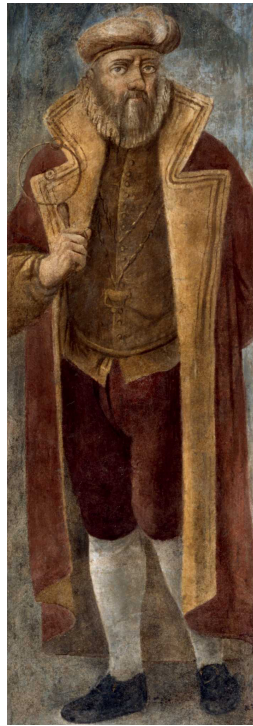
(c) Copernico nella Sala delle Figure.



(d) Copernico nell'antiporta del libro.

Figura 6.2: Confronto tra gli affreschi e i ritratti nell'antiporta calcografico del libro.

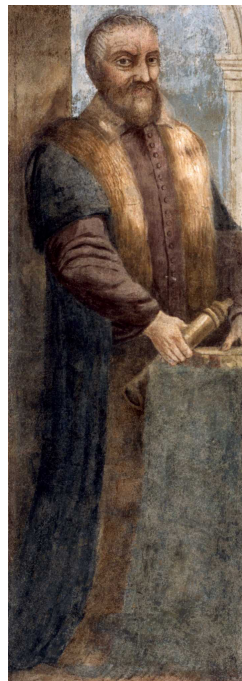
eliocentrico, seppure già superate dalle tavole rudolfine di Keplero (Lansberg non accettava le orbite ellittiche).



(a) Brahe raffigurato nella Sala delle Figure.



(b) Brahe nella calcografia del libro.



(c) Galileo nella Sala delle Figure.



(d) Galileo nell'antiporta del libro.

Figura 6.3: Confronto tra gli affreschi e i ritratti nell'antiporta calcografico del libro.



Figura 6.4: Frontespizio delle TABULAE MOTUUM COELESTIVM PERPETVÆ (1632) di Philip Lansberg.

Come si vede nella (fig.6.5) Ipparco, Tolomeo, Brahe sono estremamente simili nelle due opere. In particolare, Tolomeo presenta la stessa iconografia, con turbante ed *Almagesto* in mano; Ipparco, nell'atto di discutere con Aristarco di Samo sui diversi modelli del sistema solare, ha ai piedi un quadrante. Brahe indossa lo stesso cappello e gli stessi vestiti. Per Brahe bisogna comunque ricordare che esistono diversi ritratti, uno dei quali, ad esempio, realizzato alla fine del 1500 da Jacques de Gheyn (1565,1612), pittore ed incisore olandese, che risulta quindi essere precedente a quello sulle tavole e come si vede molto somigliante (fig.6.5a).



(a) Brahe nel ritratto di De Gheyn.

Figura 6.5: Confronto tra il frontespizio delle *TABULAE MOTUUM COELESTIUM PERSPECTIVAE* (1632) e i ritratti presenti sul *Luyts* (1692). Per Brahe confronto anche con il ritratto di De Gheyn.

Per quanto riguarda invece Copernico, tra le *Tabulae* e la calcografia nel *Luyts* si nota una certa differenza nella fisionomia.

principale dello studio della geografia). Ulteriori indagini alla biblioteca hanno portato da una parte a stabilire la presenza di altri libri con possibili immagini di riferimento, trattati più avanti, e dall'altra a non trovare alcuna documentazione utile che parlasse direttamente di una corrispondenza tra Ciesa, Cerato e Toaldo, o di studi del Ciesa. Quello che si potrebbe ipotizzare è che Toaldo e Ciesa abbiano concordato assieme l'assetto del progetto degli affreschi, ma che poi sia stato l'artista stesso a cercare i riferimenti per gli studi. Essendo il Ciesa da Vicenza e operante prevalentemente in questa zona, potrebbe essere plausibile il fatto che abbia usato per la documentazione proprio la Biblioteca Bertoliana. Se così fosse, avrebbe potuto consultarvi anche dei libri per altri ritratti. Indagando, infatti, tra i volumi possibili si è avuta certezza anche della presenza fin dalla fondazione della biblioteca dell'*Astrologia convinta di falso* di Geminiano Montanari, presentante nell'antiporta il ritratto calcografico dell'autore. Come si vede dal confronto con l'immagine della Sala, l'immagine è sicuramente quella di riferimento per l'affresco, che però si presenta speculare per motivi di spazio² (sarebbe stato coperto il telescopio) e simmetria (fig.6.9). Sempre alla Bertoliana è presente un libro che contiene il ritratto di Newton. Si tratta di *Opuscola mathematica, philosophica et philologica collegit partiumque latine vertit ac recensuit Joh.Castiglionensis jureconsultus. Tomus Primus-tertius* (1744). L'anno di arrivo del libro deve essere verificato sui registri, in quanto non fa parte della donazione del fondatore Bertolo. La calcografia sembra ripresa da quella della terza edizione dei *Principia*. Il confronto tra le tre immagini mostra una certa somiglianza nella fisionomia e nella foggia del vestito, come si vede in (fig.6.10). Anche il ritratto di Newton è speculare, sempre per motivi di organizzazione spaziale dell'affresco.

Tuttavia, la presenza dei libri non è una prova sufficiente per asserire che il Ciesa li abbia consultati, anche se è comunque un buon indizio. Potrebbero anche esserci stati dei libri appartenuti a Toaldo e poi venduti o ceduti negli anni successivi, a cui l'artista avrebbe quindi avuto accesso. Oppure potrebbero esser successe entrambe le situazioni.

Se per sei degli otto ritratti la provenienza è, tutto sommato, abbastanza plausibile come qui individuata ed è possibile ricondurre a delle immagini dalle quali Giacomo Ciesa poteva trarre ispirazione, le cose si complicano per il ritratto di Keplero e Poleni. Nel caso del primo esistono un numero molto limitato di ritratti e sono tra di loro anche abbastanza dissimili, come già fatto notare nel capitolo precedente.

²La motivazione potrebbe anche essere di tipo tecnico: spesso le copie di una calcografia originale si presentano speculari. Tuttavia, se la copia è stata effettuata a mano da un'immagine stampata, il bozzetto per l'affresco terrebbe conto della composizione migliore per lo spazio a disposizione.



Figura 6.8: Antiporta di INTRODUCTIO AD GEOGRAPHIAM di Jan Luyts.



(a) Ritratto di Geminiano Montanari alla Specola.

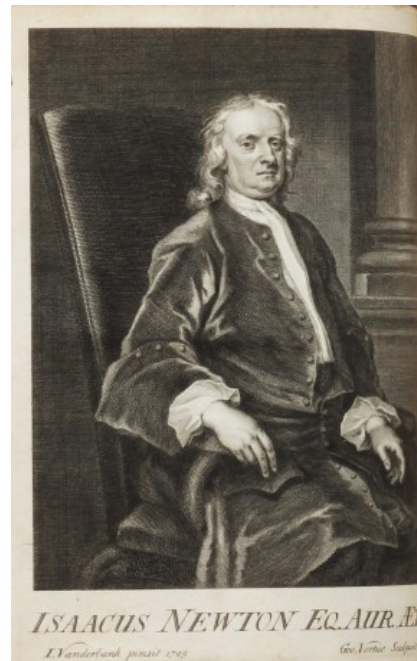


(b) Antiporta dell'opera di Geminiano Montanari.

Figura 6.9: Confronto tra i due ritratti di Geminiano Montanari.



(a) Ritratto di Isaac Newton alla Specola.



(b) Ritratto di Isaac Newton nell'antiporta della Terza Edizione dei PRINCIPIA (1736).



(c) Antiporta dell'opera OPUSCOLA MATHEMATICA, PHILOSOPHICA ET PHILOLOGICA (1744).

Figura 6.10: Confronto tra i ritratti di Isaac Newton.



(a) Ritratto di Keplero alla Specola. (b) Ritratto di Keplero nella calcografia di van der Heyden. (c) Keplero nell'antiporta dell'opera *ATLAS COELESTIS* (1742).

Figura 6.11: Confronto tra i ritratti di Keplero.

Come si era già accennato, il più somigliante pare essere quello della calcografia di Van der Heyden, realizzata quando Keplero aveva circa cinquant'anni. Non sono però riuscita a risalire all'utilizzo che è stato fatto di questa immagine, in quanto non pare presente in nessuno dei libri pubblicati dall'astronomo. Unico richiamo sembrerebbe essere presente sul frontespizio di *Atlas Coelestis* (1742) di Doppelmayr (fig. 6.11), anche se il vestito sembra molto diverso da quello nell'affresco³. Potrebbe esserci in questi due ritratti un intervento più diretto di Toaldo, magari con qualche volume conosciuto da egli stesso. Una copia dell' *Atlas Coelestis* è infatti presente presso l'Osservatorio stesso ed è probabilmente una delle poche copie originali in zona⁴.

Ancora più complicato è trovare una fonte per il ritratto di Giovanni Poleni: nelle sue opere lo scienziato adopera una "impresa", che, ritenuta inizialmente come tipica dell'editore, in realtà viene riscontrata solamente sulle opere di Poleni; questo fa sospettare che sia un suo marchio, più che una marca tipografica. Il marchio è riportato in (fig. 6.12). In nessuna delle opere da me consultate sono riuscita a rinvenire un ritratto. Toaldo e Cerato, però, avevano avuto modo di conoscerlo personalmente e potrebbe quindi essere loro l'intervento che permise al Ciesà di risalire alla fisionomia. Gli unici ritratti che sono riuscita a rintracciare, infatti, sono: un ritratto a matita di autore anonimo conservato alla Biblioteca Marciana a Venezia e presentato come ritratto del Poleni anche in [Lepschy 1996]

³Questa differenza però potrebbe essere dovuta in parte anche allo stato di cattiva conservazione ed al successivo restauro dell'affresco, in quanto se particolarmente rovinato alcuni dettagli potrebbero essere andati perduti.

⁴Dal controllo sul catalogo OPAC si trova che l'unica altra copia in una zona abbastanza vicina si trova presso la biblioteca dell'Istituto Tecnico "Belzoni Boaga", di Padova.

ed uno realizzato dalla pittrice veneziana Rosalba Carriera (1673-1757), che viene riportato nel catalogo [Jeffarres 2016]. Qui ho trovato un richiamo a [Rossetti 1765], nel quale si legge che questo ritratto era di proprietà del figlio di Poleni; questo lo renderebbe accessibile a Toaldo, che frequentava la casa dei Poleni per motivi di studio e ricerca. Inoltre, da alcune note che compaiono nel catalogo, sembra che esso possa essere stato venduto ad un'asta negli anni Duemila, ma non si riesce a risalire all'acquirente. Come si nota dal confronto nella figura (fig.6.13), il volto disegnato dal Ciesa è veramente rispondente a quello del ritratto della Carriera; il quadro a matita, date le somiglianze con quello a colori, potrebbe essere il bozzetto di studio, quindi sempre opera della stessa pittrice, come sembrerebbe indicato anche in [Jeffarres 2016] nella dicitura: "drawing (Venice, Biblioteca Marciana)"⁵.

Una nota meritano anche i riquadri mitologici con i richiami ai personaggi.



Figura 6.12: *Marchio di stampa attribuibile a Giovanni Poleni.*

Sicuramente essi furono ideati e pensati da Toaldo, soprattutto per quanto riguarda i riferimenti specifici al pensiero dei grandi astronomi ritratti. Toaldo apprezzava l'arte, infatti la decisione di decorare con affreschi la Specola era stata sua, così come non perse l'occasione di ospitare Antonio Canova all'osservatorio quando l'artista passò da Padova. Inoltre, la mitologia latina e greca era ben conosciuta e ben studiata al Seminario. Il Ciesa segue una linea neoclassica per questi riquadri, con un monocromatico e linee semplici, precorrendo lo stile che adotterà nelle sue opere successive, come gli affreschi a palazzo Cordellina (circa 1780) o quelli di Villa Capra (circa 1790); in quest'ultima, in particolare, sono presenti dei disegni monocromatici di raffigurazioni mitologiche. In tutti questi lavori venne affiancato dal Guidolini, che con le sue cornici aumenta la nota neoclassica degli affreschi. Nell'Ottocento il soffitto riprenderà questa linea con i tondi dei ritratti, mantenendo almeno una certa omogeneità visiva della Sala.

⁵Le foto del quadro a pastelli riportano per la maggior parte dei casi un titolo generale di ritratto di uomo, ma sono precise nel riportare il nome dell'autrice, peraltro molto famosa all'estero. La copia a matita conservata alla Marciana reca invece l'indicazione di ritratto del Poleni, ma risulta di autore anonimo. In questa fonte, invece, vengono attribuiti entrambi in modo sicuro.



Figura 6.13: Confronto tra i ritratti di Giovanni Poleni.

Oltre ai ritratti dei personaggi importanti e ai riquadri monocromatici c'è un altro dipinto nella Specola che merita di essere ricordato. Si tratta di un grande affresco nella Sala Meridiana, raffigurante nel dettaglio (fig.6.14):

- le orbite di tutti i pianeti allora conosciuti; i due pianeti giganti presentano anche i satelliti fino ad allora scoperti;
- in basso a sinistra, la configurazione geometrica delle posizioni relative Terra-Luna-Sole che origina le eclissi solari e lunari;
- i satelliti di Saturno e quelli di Giove, nei due disegni in alto;
- a destra, una ricostruzione dell'orbita della cometa di Halley a partire dal passaggio al perielio del 1759 fino a quello successivo del 1835;
- in basso a destra, la scala delle dimensioni planetarie relative.

La peculiarità di questo affresco è che la posizione di Sole e pianeti nelle loro orbite corrispondono precisamente alle longitudini eclittiche derivate dalle effemeridi del 6 Giugno 1766 [Pigatto 2007]. Anche la posizione della cometa di Halley si trova poco prima della metà del percorso tra il 1766 ed il 1767. Per gli astronomi era pratica comune celebrare una data significativa con la configurazione del cielo. la data di inizio dei lavori è marzo 1767, quindi probabilmente il 6 Giugno 1766 è la data dell'assenso per la costruzione di una Specola a Padova da parte dei Riformatori. L'affresco non ha attribuzione e rimane di autore sconosciuto, non



Figura 6.14: *Affresco nella Sala Meridiana.*

presentando firme. Si può ipotizzare che il Ciesa, dato che aveva affrescato anche la Sala Superiore, abbia eseguito anche questo. D'altra parte anche nella Sala delle Figure era rappresentato un sistema solare; anche se non fu possibile recuperarlo viene ricordato sia da [Lorenzoni 1921] sia da [Moschini 1817]:

Per ampia e comoda scalea si ascende all'altra Sala, di figura rotonda, con sei grandi finestre, adornata di pitture che rappresentano i segni del Zodiaco, lo sistema Copernicano, e i ritratti di grandezza al naturale de' rinomati astronomi [...], opere eseguite dal pennello d'Jacopo Ciesa.

Osservando bene l'affresco, si nota l'estrema precisione nella rappresentazione, segno che chi l'ha progettato conosceva molto bene l'argomento. Toaldo è sicuramente la mente dietro alla mano dell'artista. Dal punto di vista della composizione, si nota che il disegno è inserito in una cornice affrescata, di solito detta "quadratura". A questo proposito è da notare che almeno dal 1776 e fino a fine secolo Giacomo Ciesa collaborò con il quadraturista Guidolini. Nel 1776 collaborarono

alla decorazione della villa Da Porto a Dueville. Prima dello stesso anno Guidolini si era occupato della partitura decorativa agli affreschi di G. Mengoni in S. Andrea a Padova. Famose collaborazioni tra i due artisti rimangono a palazzo Thiene sul Corso, palazzo Cordellina e Villa Franceschini ad Arcugnano. Si potrebbe pensare che questo affresco fosse una delle prime collaborazioni, oppure un lavoro del solo Ciesa, ma seguendo la scuola del tempo. Sempre dal punto di vista compositivo, vi sono delle strane asimmetrie nell'affresco: come si nota, nella parte bassa c'è un falso-rilievo, che sembra quasi realizzato per ospitare un'iscrizione evidentemente mai realizzata. Questo porta la parte disegnata a non essere al centro del quadro. L'altra asimmetria riguarda lo sfondo dipinto sui cui sono stati realizzati il sistema copernicano e gli altri schemi, che presenta due colori; l'impressione dell'insieme è che la cornice e lo sfondo siano stati realizzati prima della decisione definitiva di cosa rappresentarvi all'interno oppure che possano esserci stati dei ripensamenti rispetto al progetto originale. Una somiglianza che invece si può notare tra questo affresco e quelli della Sala delle Figure è la rappresentazione del Sole: il Sole nel centro del Sistema (ed in parte anche quello dello schema delle eclissi) è disegnato un modo molto simile a quello al centro del modellino in mano a Copernico (fig.6.15) a sua volta ripreso, ma non uguale, da quello dell'incisione di Mulder ed Hoet. Al tempo era comune raffigurare un volto nel rappresentare il Sole. Tuttavia i due disegni presentano anche raggiere simili. Un'altra similitudine sono le finte cornici: anche gli affreschi nella sala presentano le quadrature in uno stile molto simile, semplice, lineare e neoclassico, come usato da Ciesa e Guidolini anche nel già citato Palazzo Cordellina.

Sebbene al momento non sia possibile attribuire la paternità dell'affresco nella Sala meridiana, alcune analogie con quelli di Ciesa potrebbero far sospettare che la mano dell'autore sia la stessa.



(a) Sole nel modellino di Copernico nella Sala delle Figure.



(b) Sole nel centro del sistema solare nella Sala Meridiana.

Figura 6.15: Confronto dei tra il Sole nel modellino di Copernico e quello nella Sala Meridiana.

Conclusioni

Lo studio compiuto sugli affreschi della Sala delle Figure ha permesso di caratterizzare la loro portata didattica e commemorativa, stabilendone per la maggior parte la fonte di origine quasi sicura ed evidenziandone anche in questo aspetto artistico la forte impronta di Toaldo.

Dal punto di vista della trasmissione di informazioni, si è messo in evidenza come questo scopo non sia perseguito solamente con un elemento caratterizzante ogni personaggio nelle figure intere, o con il richiamo mitologico nel riquadro sovrastate. Tale obiettivo, infatti, viene perseguito dal Ciesa, evidentemente guidato in ciò da Toaldo, anche con la scelta di alcuni dettagli iconografici e, ancor più, nella visione d'insieme. Ogni ritratto racconta un passo dell'evoluzione scientifica attraverso il principale fautore della scoperta o teoria specifica, ma è l'insieme del tutto che permette la comprensione del dipanarsi della storia astronomica nel complesso. Allo stesso tempo, la Sala nella sua interezza era pensata per trasmettere nozioni fondamentali della scienza. In questa direzione andavano anche i dipinti perduti della volta, con la rappresentazione dei segni zodiacali e del sistema copernicano.

Il visitatore, soprattutto se non digiuno di conoscenze scientifiche e classiche, si sarebbe trovato davanti ad un ambiente con una comunicazione a strati davvero interessante. Il livello estetico permetteva di apprezzare l'abbellimento dell'ambiente e l'opera d'arte in quanto tale, con la mano di Ciesa all'inizio del suo periodo migliore che si fondeva in modo mirabile con l'architettura di Cerato. Dal punto di vista storico si individuavano a colpo d'occhio le tappe salienti dello sviluppo dell'astronomia, sia dal punto di vista teorico sia da quello strumentale, come testimoniano ad esempio il cannocchiale in mano a Galileo e quello in mano a Montanari. I rimandi alla mitologia, con lo stile neoclassico monocromatico del pittore, permettevano il mantenimento di quella cultura letteraria che sta alla base del mondo occidentale e che ancora era lo zoccolo duro di qualsiasi indirizzo di studi, com'era ad esempio al Seminario di Padova dove Toaldo aveva studiato. L'intento "nozionistico" era assolto dalle pareti laterali in accordo con il sistema di affreschi della volta che, in un mirabile connubio tra architettura e pittura, permettevano un vero e proprio sguardo al cielo. Purtroppo in parte questo livello di lettura è attualmente compromesso dalla perdita di tutta la volta, che rimane nel

suo aspetto ottocentesco per l'impossibilità di recuperare gli affreschi precedenti. Come si può facilmente intuire, la mente che pensò l'intera composizione della Sala fu quella di Toaldo. Anche l'affresco nella Sala della Meridiana si inserisce in questa linea di funzionalità dell'arte.

Per quanto concerne invece le origini delle immagini a figura intera, la ricerca non ha evidenziato fonti scritte che supportino quanto dedotto, ma le coincidenze suggeriscono che la strada sia quella giusta. Un approfondimento in questo senso dovrà necessariamente passare per la figura di Giacomo Ciesa: se l'impianto teorico parte dalla mente dell'astronomo, la realizzazione pratica passa dall'artista. È plausibile che il Ciesa stesso abbia ricercato le fonti necessarie agli studi preliminari laddove Toaldo non abbia potuto reperire personalmente una fonte per i disegni, come poté fare probabilmente per gli affreschi di Keplero, con l'*Atlas Coelestis*, e Poleni, con l'accesso al ritratto conservato dalla famiglia. Il pittore non conta un numero consistente di studi specifici, rientrando più che altro in guide generiche alla pittura vicentina. Ciò in parte può essere dovuto alla perdita della maggior parte delle sue opere, ed un approfondimento in questa direzione potrebbe essere interessante. Per quanto riguarda le possibili fonti da lui usate per gli affreschi all'Osservatorio, si sono riscontrate delle singolari corrispondenze con calcografie di libri del periodo. Esse sono considerabili con un buon grado di sicurezza come le immagini di riferimento. Nel particolare, è interessante la notevole somiglianza di quattro delle figure intere con l'immagine in antiporta a firma di Mulder ed Hoet dell'*Astronomia Institutio* di Jan Luyts, edizione del 1692. Gli astronomi ripresi da questa immagine sono Tolomeo, Copernico, Brahe e Galilei. All'inizio si era pensato che Toaldo potesse aver avuto personalmente una copia del libro e che quindi anche il suo contenuto potesse essere in qualche modo significativo. Le ricerche compiute, però, non hanno portato riscontri positivi per questa teoria. Hanno invece condotto a verificare la presenza di una copia del Luyts alla Biblioteca civica Bertoliana di Vicenza e ad attestarla in modo sicuro fin dalla fondazione nei primi del Settecento. Il Ciesa lavorava ed abitava nella zona di Vicenza, ed è ragionevole supporre che conoscesse la biblioteca e che potesse avervi accesso facilmente per gli studi o per le fonti. Singolare è anche la presenza di un altro libro di Luyts recante un'antiporta di Mulder ed Hoet, *Introductio ad Geographiam* (1692), con raffigurato un Prometeo per certi versi molto simile all'Ercole di Giacomo Ciesa. D'altra parte, la presenza su una stessa immagine di ben quattro su otto dei personaggi richiesti sarebbe stato, dal punto di vista dell'artista, una semplificazione della ricerca necessaria al proprio lavoro. Inoltre quell'immagine rispecchia bene anche la relazione tra i quattro scienziati che intendeva trasmettere Toaldo. Di per sé, quindi, non è probabilmente significativo il contenuto scientifico del volume, quanto facilmente l'immagine stessa. La presenza alla Biblioteca Bertoliana prima del 1772 anche di un altro libro, *L'astrologia convinta di falso* di Montanari, dal quale venne tratto il suo affresco, sembra un altro aspetto favorevole per ritenere la

biblioteca un possibile punto di ricerca di fonti da parte del Ciesa.

La tesi ha contribuito ad una maggiore comprensione degli affreschi della Sala delle Figure e della loro storia, ma si pone anche come possibile partenza per approfondimenti futuri su aspetti ancora non del tutto chiariti.

Ad esempio, rimane il mistero sull'attribuzione del dipinto nella Sala della Meridiana, anche se la logica farebbe supporre la mano dello stesso pittore. Altra possibilità è quella di cercare di reperire documenti scritti, come corrispondenze, lettere o bozzetti di Giacomo Ciesa che rafforzino (o eventualmente contestino) quanto qui esposto. Altro ambito di sviluppo è la verifica nei cataloghi della Biblioteca Bertoliana della data di acquisizione degli *Opuscola Mathematica* di Newton, altro probabile riferimento dell'artista.

Appendice A

Biografie Personaggi

Si riportano qui le biografie più estese degli astronomi rappresentati nella Sala delle Figure. Ovviamente non si cerca una completezza biografica, ma più che altro una comprensione più approfondita di ciascun personaggio e dei suoi contributi scientifici.

A.1 Tolomeo

Claudio Tolomeo nacque a Pelusio probabilmente intorno al 100 circa, in epoca ellenistica. Matematico, astronomo e geografo greco, visse e lavorò ad Alessandria d'Egitto, sotto l'Impero Romano. Dal 127 d.C al 141 d.C circa compie osservazioni ad Alessandria, ma la sua opera è basata principalmente sull'eredità di antichi filosofi e matematici, sia greci sia babilonesi.

La sua opera più conosciuta era l'*Almagesto*, con titolo originale Μαθηματικὴ συντάξις (poi: Μεγαλὴ μαθηματικὴ συντάξις τῆς ἀστρονομίας, divenuto col tempo Μεγίστη συντάξις e tradotto in seguito in arabo con *Al Magisti*, fino al finale latino *Almagestum*). L'opera consisteva in tredici libri e raccoglieva la conoscenza astronomica del mondo greco, basata in particolare sul lavoro di Ipparco, contenente modelli geometrici e tavole correlate per il calcolo del moto del Sole, della Luna e dei cinque pianeti minori, più un catalogo di oltre un migliaio di stelle disposte in 48 costellazioni e complete di longitudine, latitudine e luminosità (apparente) di ciascuna. Il sistema cosmologico descritto nell'*Almagesto* è un sistema geocentrico: la Terra è immobile al centro dell'universo, mentre Sole e Luna sono considerati astri erranti come i pianeti. All'interno del primo libro vengono descritti gli strumenti osservativi utilizzati da Tolomeo: l'armilla solstiziale, uno strumento per misurare l'inclinazione del cerchio zodiacale, il Plinto e lo strumento paralattico.

L'Almagesto

Come accennato, per spiegare il moto apparente dei pianeti sulla sfera celeste Tolomeo utilizzava il metodo dell'eccentrico, dell'epiciclo e del deferente, ereditato da Apollonio e Ipparco; tuttavia, egli fece ricorso anche al punto equante (*punctus*

aequaus), il quale era l'immagine speculare della Terra, posta ad una certa distanza dal centro del cerchio, dal lato opposto del centro stesso e ad una uguale distanza. Con questo espediente, un punto sulla circonferenza non si muoveva realmente con velocità uniforme, ma con una velocità con variabilità tale da sembrare uniforme ad un osservatore posto nell'equante. Volendo fare un paragone moderno, l'equante era molto simile al fuoco vuoto delle ellissi kepleriane. Nonostante il *punctus aequaus* fosse destinato a divenire un aspetto critico e dibattuto sia da astronomi islamici sia da quelli occidentali, il suo utilizzo permise a Tolomeo di compilare le più precise tavole delle posizioni planetarie del tempo. In effetti lo scopo dell'opera era proprio questo. Tuttavia Tolomeo inserì nell'*Almagesto* anche indicazioni circa l'ordine dei pianeti in base alla loro distanza dalla Terra, arrivando a definire secondo ragionamenti di carattere osservativo e altri di necessaria simmetria il seguente ordine: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove, Saturno e sfera delle stelle fisse. Sebbene alcuni espedienti per la descrizione dei moti lunari e planetari presentassero un'eccessivo confezionamento ad hoc o addirittura discrepanze con le evidenze osservative, al tempo tutto ciò non rappresentava un grosso limite: il successo dell'opera fu anche dovuto all'accuratezza dei metodi di calcolo delle posizioni future dei pianeti, più che sufficiente per gli astrologi e, soprattutto, i navigatori fino al periodo delle grandi scoperte geografiche.

Il *Modello Tolemaico* descritto nell'*Almagesto* permise a Tolomeo di combinare modelli i planetari in un sistema reale e fisico nel successivo *Ipotesi dei pianeti*, un compendio dell'opera principale, rendendoli quindi rappresentabili artigianalmente sul metallo, anche se in modo imperfetto.

Altri ambiti a cui Tolomeo si interessò furono geografia, ottica, astrologia e teoria musicale. Per quanto riguarda la prima, la *Geografia* fu l'altra sua importante opera; basata principalmente sull'opera del geografo Marino di Tiro e su resoconti di viaggi attraverso l'impero romano (compresa anche la Persia e altri paesi). Essa conteneva un'esposizione delle basi teoriche della geografia matematica e le coordinate di circa ottomila diverse località, ma era inaccurata sulle informazioni relative a paesi al di fuori dell'impero. Innovazione importante contenuta in quest'opera era l'utilizzo della latitudine e della longitudine per identificare la posizione dei luoghi sulla superficie terrestre. Nell'ambito dell'ottica l'opera di riferimento fu *l'Ottica*, incompleta e con traduzione dall'arabo, con una parte sulla riflessione e una sulla rifrazione, oltre che una tabella riportante gli angoli di rifrazione secondo vari angoli di incidenza nei casi di passaggio acqua-aria, aria-vetro e acqua-vetro. Riguardo la teoria musicale l'opera scrisse invece *Armonici*. Più importante fu però il suo contributo all'astrologia: il suo trattato *Delle previsioni astrologiche*, in greco *Τῶν ἀποτελεσματικῶν* e conosciuto come *Tetrabiblos*, fu l'opera fondamentale dell'astrologia classica, su cui si fondò successivamente quella occidentale. Tolomeo affrontò con rigore l'argomento, organizzando l'analisi delle influenze dei movimenti degli astri secondo presupposti ben definiti, deducen-

done predizioni secondo leggi geometriche precise. Proprio per questo carattere "scientifico" dell'opera l'autore si scaglia contro i ciarlatani che confondevano l'astrologia con pratiche magico-occulte. Bisogna infatti ricordare che l'astrologia rimase inscindibile dall'astronomia per moltissimi secoli.

A.2 Copernico

Mikołaj Kopernik, latino Nicolaus Copernicus, nacque il 19 Febbraio 1473 a Toruń, Prussia Orientale, da un mercante originario di Cracovia ed una nobildonna di Toruń. Rimasto presto orfano di entrambi i genitori venne adottato assieme ai fratelli dallo zio, vescovo della Varmia dal 1489.

Il primo contatto con l'astronomia avvenne nel 1491, quando il giovane Nicolò entrò all'università di Cracovia. Circa quattro anni dopo egli si spostò in Italia, precisamente all'università di Bologna, dove ebbe occasione di studiare diritto con maestro Urceo Codro (1446,1500) e dove imparò il greco. Nell'ambiente universitario bolognese incontrò Domenico Maria Novara (1454, 1504), già celebre astronomo, che ne fece un allievo e collaboratore.

È da sottolineare che corso del Quattrocento nell'Occidente, ed in particolare in Italia, era in corso una rivoluzione culturale: prima della caduta di Costantinopoli nelle mani dei musulmani, nel 1453, i dotti greci cominciarono ad emigrare verso il mondo latino, portando con sé le opere degli antichi filosofi greci. Il greco fu quindi riscoperto e studiato nelle università e i dialoghi di Platone iniziarono ad esercitare una profonda influenza sul mondo culturale occidentale¹. La visione geometrico-matematica di Platone, simmetrica ed in parte dinamicamente dicotomica, influenzò moltissimo Copernico, che non riuscì mai a separarsi dalle orbite sferiche, ma sarà riscontrabile anche nelle iniziali teorie kepleriane e nell'impossibilità galileiana di abbandonare il cerchio.

Nel 1497 Copernico compì le prime osservazioni con il suo maestro a Ferrara, mentre studiava diritto civile. Tenne a Roma lezioni di astronomia e matematica e

L'eredità dei dotti greci

Studi in Italia

¹Da Socrate, Platone aveva ereditato la necessità di definire ciò di cui si parla: la definizione rigorosa ed il procedimento sorvegliato e razionale del discorso, espletato nella scrittura, erano ciò che distinguevano nettamente il sapere scientifico dagli altri. Le idee, οὐσία ("essenza, sostanza", sostituito del precoce εἶδος, "idea, aspetto esteriore, forma"), seppur appartenenti all'Ipèruranio non implicavano una netta separazione con il mondo sensibile, divenendo nel *Timeo*, assieme al χώρα ("spazio"), l'astrazione sulla quale il Demiurgo si basò per la sua azione creativa di un progetto imitatore, con un'opera di bontà che lo portò a creare il miglior mondo possibile ad immagine della perfezione. Nonostante l'esigenza di un sapere stabile avesse portato il filosofo ad escludere che la mutevole realtà sensibile potesse costituire l'oggetto o la fonte di tale sapere, il progetto imitativo usato per la natura e la matematica pitagorica con il suo ordine aritmetico-geometrico imponevano ad ogni teoria del cosmo di rifletterne anche l'armonia e la simmetria ideale. Questo desiderio di armonia e simmetria si trovava anche nella descrizione dell'universo platonico, descritto sempre nel *Timeo*, racchiuso in un cerchio esterno detto "cerchio dell'identità", in moto uniforme, e all'interno del quale si muove il "cerchio del diverso", nel senso opposto. Al centro di tutto c'è la Terra, sferica, in quanto la sfera è la più perfetta delle forme [Picinali 2002].

vi osservò un'eclisse. Nello stesso anno venne nominato canonico della Congregazione Riformata dei Canonici Agostiniani, anche se si recò a Feuenburg a prendere possesso del suo stallo canonico solamente quattro anni dopo, tornando poi immediatamente in Italia per proseguire i suoi studi a Padova e nuovamente Ferrara, dove infine si laureò in diritto canonico nel 1503. Cominciò quindi a raccogliere le sue osservazioni e le sue riflessioni.

Lasciata l'Italia per Feuenburg divenne membro del Capitolo di Warmia e dovette interessarsi delle riforme del sistema monetario e a studi di economia politica, divenendo rappresentante commerciale del Capitolo e lavorando anche come diplomatico dello zio vescovo.

Copernico tenne sempre un atteggiamento prudente nel diffondere le sue idee astronomiche temendone le ripercussioni, tanto che il *De Hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*, detto anche solamente *Commentariolus*, venne distribuito in copia manoscritta solamente ad alcuni amici e fu stampato ben dopo la sua morte, nel 1878. Il libretto, che ebbe un buon riscontro e destò un notevole interesse in quanti lo lessero, conteneva i sette assunti alla base della teoria copernicana:

Commentariolus

I sette assunti

1. non c'è un unico centro delle orbite celesti e delle sfere celesti;
 2. il centro della terra non è il centro dell'universo, ma solo il centro della massa terrestre e della sfera lunare;
 3. tutte le sfere ruotano attorno al Sole, che quindi è in mezzo a tutte, ed il centro dell'universo è vicino ad esso;
 4. il rapporto della distanza tra il Sole e la terra con l'altezza del firmamento è tanto più piccolo di quello tra raggio della Terra e distanza di questa dal Sole che, nei confronti dell'altezza del firmamento, tale distanza è impercettibile;
 5. qualsiasi movimento appaia nel firmamento non appartiene ad esso, ma alla Terra. Pertanto la Terra, con gli elementi contigui, compie in un giorno un interno giro attorno ai suoi poli fissi, mentre il firmamento resta immobile, inalterato con l'ultimo cielo;
 6. qualunque movimento ci appaia del Sole, non appartiene ad esso, ma dipende dalla Terra e dalla nostra sfera, insieme alla quale noi ruotiamo intorno al Sole come un qualsiasi altro pianeta, e così la Terra compie più movimenti;
 7. per i pianeti appare un moto retrogrado e un moto diretto; ciò in realtà non dipende dal loro, ma dalla Terra; pertanto, il moto di questa sola basta a spiegare tante irregolarità celesti.
-

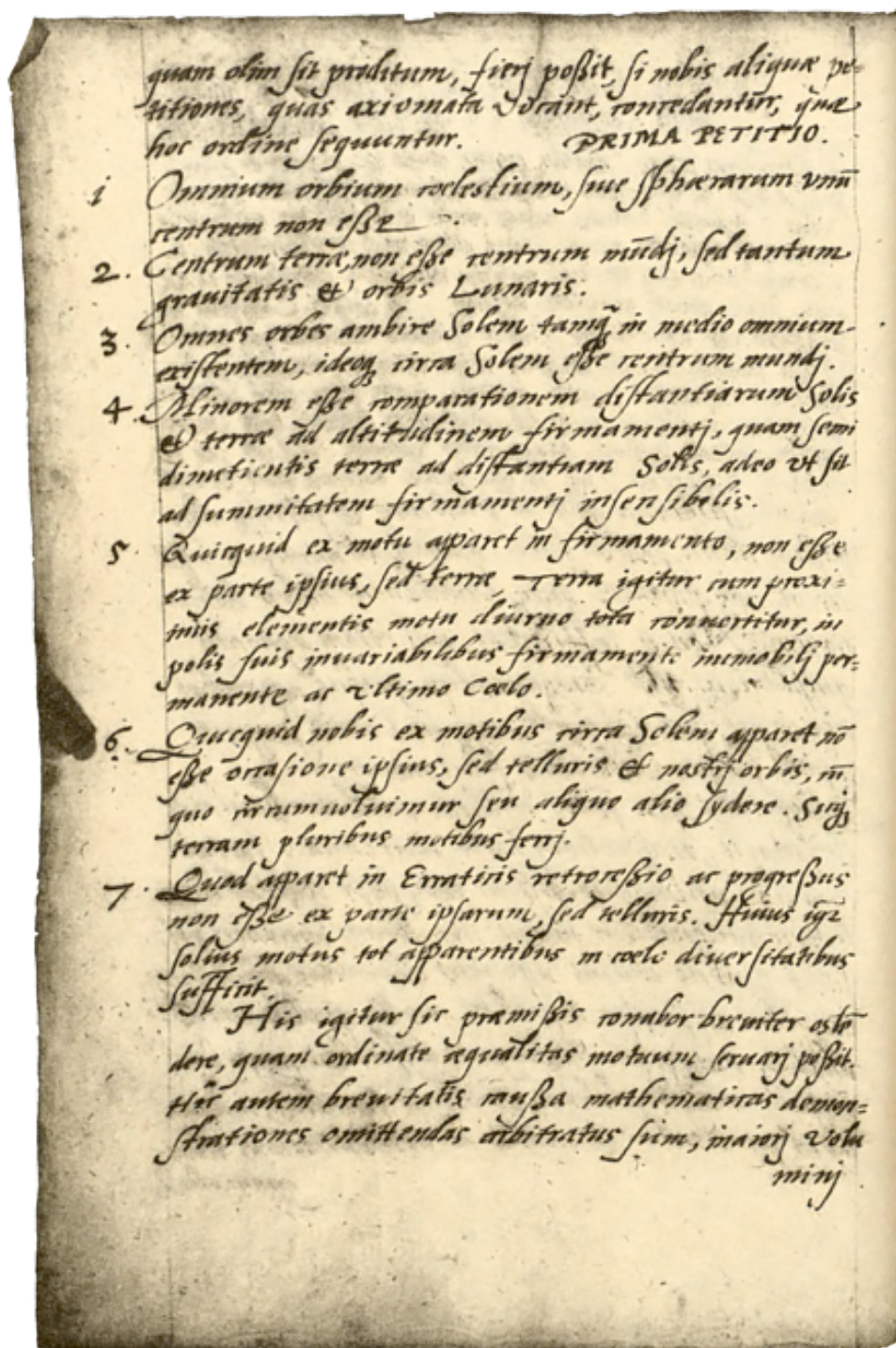


Figura A.1: I sette assunti riportati sul Commentariolus

Tuttavia, i timori di Copernico erano grandi ed il fatto che anche il cardinale di Capua, Nicola Schonberg, ne avesse richiesto una copia potrebbe averli aumentati. La sua prudenza lo portò a non tenere atteggiamenti rivoluzionari in generale, ma

a cercare anzi nei filosofi antichi nuovi metodi di calcolo: l'astronomia versava ormai in uno stato non soddisfacente, sia dal punto di vista del calendario, ormai non più corrispondente alle stagioni, sia dal punto di vista teorico, con l'uso degli equanti e di un moto lunare che portava a contraddizioni con quanto osservato, sia infine dal punto di vista globale, perché nell'*Almagesto* i pianeti venivano trattati singolarmente, portando alla mancanza di un sistema integrato caro ad una visione platonica. Proprio negli antichi filosofi greci, conosciuti prima indirettamente grazie alle opere di Aristotele e poi direttamente tramite i manoscritti portati in occidente dai dotti in fuga, Copernico ritrovò le radici della sua visione cosmologica: dai Pitagorici, che trattavano la Terra come un pianeta orbitante attorno ad un grande fuoco (assieme a Sole e Luna), ad Aristarco di Samo, con la teoria eliostatica. Tuttavia, rimase fedele ad alcuni principi base di Aristotele e Platone: la perfetta sfericità, la finitezza dell'universo e l'immobilità del Sole dovuta alla sua natura divina. La sua centralità nel pensiero copernicano aveva anche una ragione "non fisica": il centro era la migliore posizione da cui illuminare simultaneamente ogni cosa.

Nel 1516 Copernico divenne amministratore delle terre attorno ad Allenstein, dovendosi interessare di catasto, giustizia e fisco. Proprio nel castello della città, dove rimase circa cinque anni, compì varie osservazioni ed iniziò la stesura del suo *De revolutionibus orbium coelestium*.

Arrivo di Retico

Fu solo quanto arrivò a Feuenburg Georg Joachim Rheticus (1514,1574), detto Retico, nominato professore di Wittenberg, che iniziarono le prime pubblicazioni sugli stufi di Copernico. Retico, infatti, divenne suo allievo ed ottenne nel 1540 il permesso di pubblicare la *Narratio Prima*, contenente l'essenza sugli studi di Copernico, e nel 1542 quello di dare alle stampe un trattato di trigonometria sotto il nome di Copernico. Dopo notevoli insistenze e date le reazioni di interesse per il suo lavoro, finalmente nel 1543 lo scienziato di decise a stampare il *De Revolutionibus orbium coelestium* ed affidò il compito di portare il testo a Norimberga proprio al suo allievo. Purtroppo quest'ultimo non poté seguire tutto il processo della pubblicazione ed il testo apparve con una breve prefazione non firmata scritta da Andrea Osiander, nella quale si sottolineava come l'autore del libro intendesse il suo modello come semplice costruzione matematica utile ai calcoli, ma non necessariamente rispondente al vero². Questo, se da un lato diminuì la portata del libro e fece sì che ad interessarsene fossero soprattutto astronomi tecnici, come ad esempio Erasmus Reinhold (1511-1553) che fondò su di esso le *Tabulae prutenicae*, dall'altro lo protesse dalla messa all'indice per un tempo sufficiente a consentirne la diffusione.

De Revolutionibus
orbium coelestium

Il *De Revolutionibus*, dedicato a Paolo III, era composto da sei libri e per struttura, sequenza degli argomenti, metodo espositivo e procedure era molto simile

²Giordano Bruno fu il primo a mettere in dubbio il fatto che tale introduzione fosse stata scritta da Copernico e nel *Dialogo terzo de La cena de le Ceneri* (1584) la definì una "epistola superliminare attaccata non so da chi asino ignorante e presuntuoso".

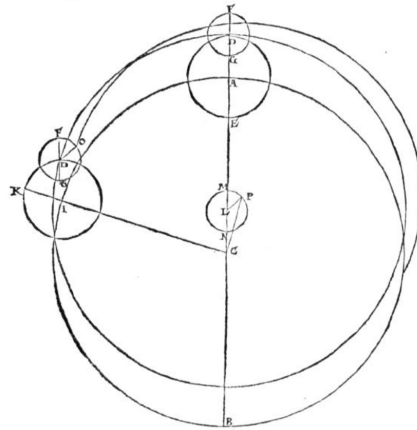
all'*Almagesto*. Il Primo Libro era un trattato di cosmografia dove Copernico si occupava della struttura fondamentale del mondo, con la descrizione del sistema coerente ed integrato dei pianeti grazie al quale molti problemi osservativi venivano spiegati. Negli altri cinque libri l'autore si preoccupava di fornire una giustificazione pratica della sua visione, mostrando come a partire da modelli geometrici eliocentrici si potessero calcolare tavole adeguate; erano quindi importanti gli aspetti quantitativi e la corrispondenza tra predizione ed osservazione. L'opera conteneva il sistema eliostatico, una corretta definizione dell'ordine dei pianeti, una descrizione del moto della Terra, composto da tre moti diversi (diurno, annuale del centro e di declinazione) e della precessione degli equinozi. Però, per mantenere le orbite sferiche senza contraddire le osservazioni, Copernico fu costretto ad introdurre epicicli ed eccentrici, un esempio dei quali si può vedere nelle figure di (fig. A.2), e ad attribuire alla Terra il terzo moto in declinazione, per render conto dell'invariabilità dell'asse terrestre rispetto alla sfera delle stelle fisse. Quest'ultima, per prevenire il problema dei moti stellari apparenti non osservati, venne posta ad una distanza maggiore rispetto al modello tolemaico, generando però obiezioni sulle dimensioni stellari.

I modelli dettagliati di Copernico erano perciò altrettanto complicati di quelli di Tolomeo; presentavano però dei vantaggi:

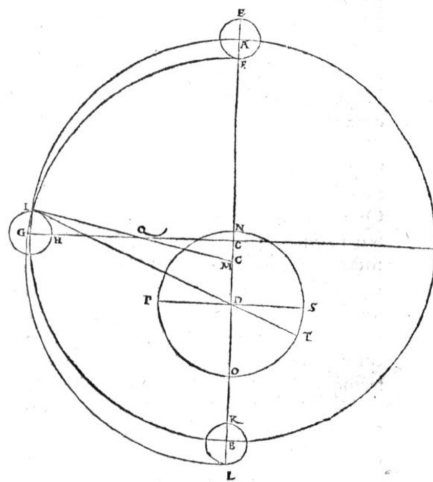
- l'eliminazione dalle orbite di tutti i pianeti di un epiciclo: i pianeti hanno un epiciclo in comune dovuto all'orbita della Terra;
- la possibilità di calcolare le distanze dei pianeti dal Sole, cioè il rapporto con il raggio dell'orbita terrestre, con il metodo della parallasse;
- la comprensione del perché il moto annuo del Sole comparisse nel modello di ogni pianeta;
- la prevedibilità dei moti retrogradi di alcuni pianeti, grazie alla divisione dei pianeti in "interni" ed "esterni";
- l'eliminazione degli equanti.

Copernico morì il 24 Maggio 1543, si dice dopo aver fatto in tempo a vedere la stampa della sua opera, e venne sepolto a Feuenburg. Per molti secoli il luogo esatto della sepoltura non fu identificabile, ma nel 2005 indagini archeologiche portarono a rinvenire ed identificare il corpo, che venne sepolto con onore nella cattedrale della città il 22 Maggio 2010.

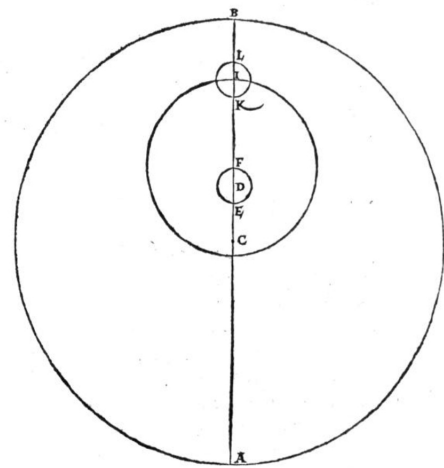
*Vantaggi teoria
eliostatica*



(a) Rappresentazione del moto della Terra.



(b) Rappresentazione del moto dei pianeti esterni.



(c) Rappresentazione del moto di Mercurio (pianeti interni).

Figura A.2: Rappresentazioni dei moti planetari, da [Copernico 1543].

A.3 Tycho Brahe

Tycho Brahe nacque il 14 dicembre 1546 al castello di Knudstrup, nella Scania, allora appartenente al regno di Danimarca. Sia il padre, Otto Brahe, sia la madre, Beate Bille, erano nobili e provenienti da famiglie ricchissime e tra le più importanti dello stato. Tuttavia, dell'educazione di Tycho si occupò lo zio viceammiraglio Jørgen Brahe, che morì di polmonite dopo aver salvato il re da una caduta in un canale a Copenaghen. Cominciò gli studi in giurisprudenza, ma ben presto si avvicinò a quelli in astronomia: fin dalla giovane età fu interessato all'astrologia, e si avvicinò all'astronomia soprattutto per avere misure precise delle effemeridi; per tutta la vita fece predizioni astrologiche. Il 21 agosto 1560 osservò un'eclissi di Sole, mentre nel 1563, in occasione della congiunzione tra Giove e Saturno si convinse

che l'astronomia aveva bisogno di osservazioni accurate, possibili solo con un miglioramento degli strumenti e delle tecniche di osservazione: infatti, Tycho si accorse che la predizione della congiunzione da parte delle duecentesche tavole alfonsine era sbagliata di un mese e che perfino le più recenti tavole pruteniche, fondate sul modello copernicano, aveva un errore di due giorni. Questa spinta all'accuratezza sarà una delle caratteristiche più rilevanti dell'attività di astronomo di Tycho. Concluse gli studi spostandosi in varie università, da Copenaghen a Wittenberg e infine a Basilea. Perse parte del naso mentre ancora era uno studente, a causa di un duello con Manderup Parsjerg, membro della nobiltà danese, indetto per una discussione su chi avesse più talento matematico e dovette portare per tutta la vita una piastra di argento.

L'11 novembre 1572 Tycho osservò una nuova stella molto luminosa comparsa nella costellazione di Cassiopea; studiandone la posizione per molto tempo concluse che questa nuova stella appartenesse al mondo celeste e non a quello sublunare in quanto la parallasse non subì cambiamenti misurabili con la massima precisione che allora gli era possibile, nell'arco di diversi mesi. La prima opera, peraltro con poco riscontro, nella quale parlò di questo studio e dove coniò il termine "nova" era del 1573 e si intitolava *De Stella Nova*. Il fatto che non fosse un fenomeno sublunare era un'affermazione controtendenza per il tempo: l'universo era ancora quello aristotelico-tolemaico, con un mondo celeste immutabile ed incorruttibile popolato dalle sfere cristalline che trasportavano stelle e pianeti, eternamente perfetti. Sullo stesso argomento pubblicò anche *Astronomiae instauratae progymnasmata* (1602) dove espose un trattato più completo sulla nova.

De Stella Nova

*Astronomiae
instauratae
progymnasmata*

Nel 1576 ricevette in dono da Federico II l'isola di Hven, nel Sund, dove venne costruito a partire dal 1576 l'osservatorio di Uraniborg, composto da quattro sale di osservazione, una biblioteca, un laboratorio di alchimia e varie altre stanze, tra cui camere per gli assistenti, cucina e sale da pranzo. Sull'isola venne fondata anche una tipografia ed una cartiera, che permettevano la stampa in loco degli studi compiuti nell'osservatorio e diverse officine per la costruzione di strumenti sotto la sua diretta supervisione. Da Uraniborg Brahe poté seguire l'osservazione di alcune comete tra il 1577 e il 1585, che gli permisero di confutare l'esistenza delle sfere invisibili(cristalline): il moto della cometa del 1577, infatti, avrebbe portato il corpo celeste ad attraversare le sfere infrangendole. Questa volta lo scienziato preparò un'analisi di duecento pagine delle sue osservazioni e un'appendice altrettanto estesa con una forte critica dei risultati ottenuti da altri astronomi: era il *De mundi aetherei recentioribus phenomenis*, stampato nel 1588. Convinto che il progresso astronomico potesse fondarsi solo su osservazioni sistematiche e ripetute e sull'uso di strumenti il più accurati possibile, migliorò e ampliò quelli esistenti e ne creò di nuovi; grazie alle innovazioni tecniche da lui introdotte, le sue misurazioni ad occhio nudo della parallasse erano accurate al minuto d'arco. Nel 1584 nelle vicinanze di Uraniborg sorse l'osservatorio di Stjerneborg, costruito

Uraniborg

Stjerneborg

completamente in muratura e con la stanza al di sotto del livello del terreno, per dare protezione agli strumenti dal vento e dalle eventuali oscillazioni di torri su cui fossero posizionati. In superficie presentava invece sostegni su cui potevano essere montate altre apparecchiature. La separazione fisica dei due osservatori permetteva anche una indipendenza nelle osservazioni prese dagli assistenti nelle due costruzioni. L'amore per l'accuratezza portò Tycho a perfezionare gli strumenti in uso agli osservatori fino ad ottenere precisioni sugli angoli inferiori al minuto. Con l'isola-osservatorio operativa, l'astronomo si impegnò in diversi compiti: misurò la parallasse di Marte, sperando di poter dare una prova osservativa discriminante tra la teoria copernicana e quella tolemaica, sfruttando il fatto che la prima prevedesse un avvicinamento del pianeta alla Terra di circa il doppio rispetto alla seconda. Compilò un catalogo di 777 stelle, misurandone la posizione relativamente ad opportune "stelle di riferimento", e delle tabelle per correggere la differenza in altitudine causata dalla rifrazione atmosferica per le stelle vicine all'orizzonte. I suoi dati osservativi raggiunsero un'accuratezza impareggiabile per i suoi tempi e fornirono la base "sperimentale" per le leggi formulate dal suo successore Keplero, contribuendo al sostegno della teoria eliocentrica. Nonostante questo, Tycho non adottò mai tale teoria, preferendo mantenere la Terra immobile al centro dell'universo, soprattutto per ragioni osservative, ma anche per la mancanza di una fisica che potesse spiegare e sostenere il copernicanesimo. Caduto il dogma delle sfere solide, però, egli fu libero di elaborare un modello cosmologico che potesse mantenere sia i vantaggi di quello tolemaico, sia quelli del sistema copernicano. Nel dettaglio, in sistema ticonico, che presto soppiantò quello tolemaico, prevedeva una Terra immobile al centro, con Luna e Sole come suoi satelliti; gli altri cinque pianeti, invece, erano satelliti del Sole. Il raggio di questo universo era di 14mila raggi terrestri, circa il doppio di quello tolemaico, ma pur sempre confinato in modo rassicurante: dai dati osservativi, infatti, risultava che le stelle fisse, per non mutare di parallasse, avrebbero dovuto essere almeno settecento volte più lontane rispetto all'ultimo pianeta e ciò avrebbe implicato anche una loro dimensione smisurata, per essere viste a così grande distanza, dal momento che si riteneva che i loro diametri apparenti fossero compresi tra 120" e 30".

Sistema Ticonico

Nel 1568, però, a causa dei disaccordi con il nuovo re Cristiano IV di Danimarca, Brahe fu costretto a lasciare l'isola di Hven. Seppure avesse trovato in Rodolfo II un generoso contribuente alle sue osservazioni e nonostante si fosse quindi stabilito a Praga, dove ebbe modo di operare in un osservatorio costruito appositamente per lui, Tycho aveva ormai perso il desiderio di compiere osservazioni. A questo sicuramente contribuì il fatto che quattro suoi strumenti rimasero sull'isola, mentre i più grandi dei rimanenti giacevano inutilizzati in un magazzino di Magdeburgo. Tuttavia, fu proprio questo suo spostamento di città a permettere a Keplero di accettare il suo invito come assistente.

Morì a Praga il 24 ottobre 1601. La reale causa della sua morte rimase (e rimane)

un mistero: la leggenda vuole che sia morto per la rottura della vescica. Una prima riesumazione del corpo nel 1901 e le seguenti indagini in Svezia e Danimarca permisero di rinvenire sui peli della barba tracce di mercurio, facendo supporre un avvelenamento forse involontariamente autoindotto da cure a base di questo elemento (era anche alchimista); vennero rinvenute anche tracce verdi sulle ossa del canio, facendo supporre che la piastra nasale non fosse in metallo prezioso, ma in rame. Una successiva riesumazione nel 2010 e nuovi test permisero di stabilire che la concentrazione ossea di mercurio non era sufficientemente elevata da causare la morte per avvelenamento, mentre venne confermata la composizione della piastra nasale: ottone (50% rame e 50% zinco).

Mistero sulle cause di morte

A.4 Galileo Galilei

Galileo Galilei nacque a Pisa il 15 Febbraio 1564 da Vincenzio Galilei e Giulia Ammannati. Nel 1574 la famiglia si spostò a Firenze e Galileo seguì i primi studi, prima con maestri privati, poi con i vallombrosani; nel 1581 il padre lo iscrisse al corso di filosofia e medicina all'Università di Pisa, ma Galileo non dimostrò molto interesse, lasciando Pisa ed impegnandosi con Vincenzio per guadagnarsi da vivere. Nel frattempo cominciò ad interessarsi alla matematica da autodidatta, ma coltivò anche interessi letterari, partecipando alla vita culturale cittadina. Fu uno dei fondatori dell'accademia dei Ricovrati e fu anche ammesso a quella della Crusca. Nel 1589 ottenne la lettura matematica a Pisa e nel 1592 quella di Padova, dove rimase per diciotto anni. Gli anni padovani furono anche i più produttivi e portarono alla formazione delle basi per le sue concezioni successive. Seguì in particolare lo studio sui moti dei corpi in modi sempre più originali e sperimentali, tanto che già intorno al 1604³ formulò la legge del moto uniformemente accelerato per i corpi in caduta libera e lo studio del moto diurno e annuo della Terra per cercare di spiegare le maree⁴. Da Padova ebbe possibilità di stabilire rapporti anche con l'ambiente colto veneziano, in particolare con Paolo Sarpi e Gianfrancesco Sagredo. Assillato da problemi economici, arrotondava il suo stipendio con ripetizioni, con ospitalità a studenti e costruendo alcuni nuovi strumenti (si pensi al compasso geometrico militare) che la Serenissima poi retribuiva aumentando il suo stipendio. Fu grazie al *Sidereus Nuncius* del 1610, però, che la sua notorietà valicò i confini italiani. Infatti nell'estate del 1609, mentre Galileo si trovava a Venezia, arrivò notizia dall'Olanda di un dispositivo formato da un tubo e due vetri curvi, usato per vedere oggetti

³Questa data viene attestata da una lettera a Paolo Sarpi; già nel 1608 si ritrovano riportati su suoi manoscritti degli esperimenti sul moto parabolico dei proiettili. La dimostrazione matematica sul moto uniforme e sul moto dei proiettili, invece, verrà fatta in tempi successivi.

⁴Quando Galileo si cimenterà nelle dimostrazioni, spesso userà un cambio di registro nelle opere: dall'italiano al latino. Questo gli permette di dare una maggiore dignità, anche linguistica, a quanto scritto ed anche un'impronta più universale: tale lingua era conosciuta dagli studiosi in tutto il mondo latino.

lontani come vicini; dopo le necessarie precauzioni nel verificare le voci, lo scienziato ne costruì uno per uso personale. Tornato a Venezia nell'agosto dello stesso anno fece una dimostrazione alle autorità con un cannocchiale ad otto ingrandimenti e venne riconfermato a Padova con un aumento di stipendio. Già alla fine dello stesso anno Galileo aveva portato l'ingrandimento del suo cannocchiale fino a 20 volte⁵ e, rivolgendolo verso il cielo e le stelle, riesce a risolvere la Via Lattea in una moltitudine di stelle, come già ipotizzato da Aristotele. Notò inoltre che, mentre i pianeti venivano ingranditi come previsto dal cannocchiale, le stelle si presentavano ancora puntiformi. Dal gennaio del 1610 cominciò l'osservazione di Giove, allora in moto retrogrado da Est ad Ovest, e notò tre stelline allineate vicine al pianeta; la notte seguente esse si sarebbero dovute trovare ad est del pianeta, mentre le osservò ad ovest. In seguito ad ulteriori serie di osservazioni concluse che le quattro stelle (il 13 Gennaio comparve la quarta) dovevano essere satelliti di Giove. Tale scoperta era una buona notizia per i copernicani. Ma già prima aveva osservato la Luna, trovando che la sua superficie non fosse perfetta come ci si sarebbe aspettati da un corpo del Mondo Celeste aristotelico, ma irregolare, con montagne simili a quelle terrestri. Tutte queste osservazioni consolidarono in Galileo l'adesione al sistema eliocentrico di Copernico e vennero appunto raccolte nel *Sidereus Nuncius* e nel 1611 esso venne supportato anche da quattro gesuiti, che firmarono una dichiarazione di conferma di quanto da lui scoperto. Tra il 1611 e il 1614 le sue osservazioni si indirizzarono anche verso il Sole e le sue macchie con *l'Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, in concomitanza con il trattato di Johan Fabricius il quale sosteneva l'appartenenza delle macchie alla superficie solare e quindi la rotazione del Sole su se stesso, poi alle strane appendici di Saturno e infine alle fasi di Venere, simili a quelle della Luna e incompatibili con il sistema tolemaico, seppur non decisive nel discriminare tra copernicano e ticonico. La notorietà seguente il *Sidereus Nuncius* gli procurò la nomina a vita di matematico e filosofo del Granduca di Toscana, Cosimo De' Medici, e nel 1610 Galilei ritorna definitivamente a Firenze, libero da impegni didattici. L'anno seguente, sempre grazie alla sua pubblicazione, entrò a far parte dell'Accademia dei Lincei.

Durante il periodo della Controriforma, nel teso clima che si venne a creare, i nemici di Galileo ebbero buone prospettive di successo nell'accusarlo di negare le Scritture con il sostegno alla teoria eliocentrica; nel Dicembre del 1614 fu chiamato in causa da un pulpito fiorentino, al quale seguì la risposta sotto la forma della *Lettera alla Granduchessa madre Madama Cristina di Lorena* nella quale sostenne il diverso compito delle Scritture da quello dell'astronomia. Nel 1615 venne quindi denunciato come eretico all'Inquisizione romana: venne evitato un processo alla sua persona. Al contrario, la preoccupazione che il *De Revolutionibus* potesse venir

⁵Bisogna ricordare che i cannocchiali di Galileo risentivano di molteplici fattori critici: l'aberrazione cromatica, la qualità delle lenti, la lavorazione del vetro, la qualità del materiale. In più, lo strumento aveva un limite intrinseco di miglioramento [Strano 2008].

messo all'indice si rivelò un timore abbastanza fondato. Tuttavia, constatato grazie all'anonima prefazione che anche Copernico sembrava intendere le proprie teorie come mera ipotesi utile ai calcoli e non necessariamente rispondente al vero, tale libro venne solamente sospeso fino alla correzione. Il cardinale Bellarmino intimò quindi privatamente a Galileo di abbandonare il copernicanesimo. Con l'elezione dell'amico Meffeo Barberini a Papa Urbano VIII nel 1623, lo scienziato ritenne i tempi abbastanza sicuri per procedere alla pubblicazione del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*. Il libro si presentava come un dialogo in volgare tra tre interlocutori: Salviati, in qualche modo alias di Galileo, Sagredo, l'uomo di buon senso e Simplicio, l'aristotelico. Nonostante volesse dimostrare una certa neutralità, l'opera presentava i vantaggi della cosmologia copernicana, le prove dal telescopio e dalle maree e conteneva la trasformazione del concetto di moto, sostenendo che a richiedere una causa fosse la variazione di moto e non il moto in sé, non essendoci differenza tra quiete e moto localmente rettilineo uniforme. A seguito della pubblicazione del *Dialogo* il Sant'Uffizio convocò Galileo a Roma accusandolo tra l'altro di non aver rispettato l'ingiunzione del 1616. A seguito di un patteggiamento, lo scienziato fu costretto ad abiurare il copernicanesimo e venne condannato alla detenzione a tempo indeterminato, presto convertita in domicilio obbligato prima presso la casa dell'arcivescovo di Siena Ascanio Piccolomini e successivamente presso la sua villa ad Arcetri. Non potendosi più dedicare al dibattito astronomico, Galileo proseguì gli studi rielaborando i materiali accumulati dalle sue ricerche, raccolti poi nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche sopra due nuove scienze*. In quest'opera lo scienziato pervenne finalmente alla (faticosa) dimostrazione delle leggi del moto e sviluppò in modo sistematico le conoscenze sulla resistenza dei materiali.

Nel 1638 i suoi problemi alla vista peggiorarono, portandolo alla cecità completa e costringendolo all'assistenza di giovani, due dei quali divennero poi i principali riferimenti per la "scuola galileiana".

Morì ad Arcetri l'8 Gennaio 1642.

A.5 Keplero

Johannes von Kepler nacque a Weil der Stadt il 27 Dicembre 1571. Nel 1584 entrò nel seminario di Adelberg, poi si spostò al seminario superiore a Maulbronn. Cominciò gli studi presso Università di Tubinga dove, dopo due anni di istruzione generale su materie come etica, dialettica, retorica, greco, ebraico, astronomia e fisica, nel 1592 iniziò a studiare teologia. Michael Mästlin(1550-1631), suo professore, lo convinse della validità delle teorie copernicane: l'università di Tubinga, infatti, pur essendo un'università protestante aveva tra i suoi insegnanti anche sostenitori

del copernicanesimo⁶. Keplero fu costretto ad interrompere gli studi nel 1594 perché gli venne assegnato l'insegnamento della matematica alla Scuola Evangelica di Graz (Austria) e in seguito anche l'incarico di matematico territoriale degli stati di Stiria: il suo compito era insegnare all'università e redigere carte astrali, previsioni astrologiche ed oroscopi. Si sposò nel 1597 con Barbara Mühleck ed ebbe cinque figli, due dei quali morirono in giovane età, seguiti dalla madre nel 1611.

*Mysterium
Cosmographicum*

Nello stesso anno del matrimonio pubblicò il *Mysterium Cosmographicum* (1597). Lo scopo dell'opera era fornire a priori un modello cosmologico che permettesse di "leggere" le intenzioni di Dio nella creazione del cosmo; Keplero vi affermava che per la creazione del mondo e la disposizione dei cieli Egli si era ispirato ai cinque solidi regolari che godettero di grande fama fin da Pitagora e Platone. Emergono già in questa prima opera il profondo spirito religioso e la forte convinzione nella libertà di pensiero che lo portarono a rifiutare i dogmatismi. Lo scopo del libro viene ben spiegato dallo stesso autore fin dalle prime pagine, come riporta anche [A.Koyré 1966]:

In questo piccolo libro, caro lettore, mi sono proposto di dimostrare che il Creatore Ottimo Massimo, nella creazione di questo nostro mondo mobile e nella disposizione dei cieli ha guardato a quei cinque corpi regolari che hanno goduto di così grand fama dai tempi di Pitagora e Platone sino ai nostri giorni, e che alla loro natura ha accordato il numero e la proporzione dei cieli, e i rapporti dei moti celesti [. . .]Tre soprattutto erano le cose di cui cercavo instancabilmente le cause, perché fossero così e non altrimenti, ossia il numero, le dimensioni e i moti degli orbi. Ad osar ciò mi convinse quella mirabile corrispondenza delle cose immobili, e cioè il Sole, le fisse e lo spazio intermedio, con Dio Padre, il Figlio e lo Spirito Santo: questa analogia svilupperò più ampiamente nella mia Cosmografia. Tale essendo la situazione per quanto riguarda le cose immobili, non dubitavo che un quadro analogo si sarebbe presentato anche per quelle mobili.

La sua natura religiosa e le ragioni teologiche alla base del suo studio sui moti planetari e armonie celesti, oltre che l'intima convinzione di essere al servizio non di un principe o imperatore, ma dell'intero genere umano e della posterità traspare anche dalla corrispondenza che il giovane Keplero mantenne con il suo professore Mästlin⁷:

In realtà mi adopero affinché queste [speculazioni] vengano divulgate quanto prima possibile per la gloria di Dio, che vuole essere riconosciuto attraverso il libro della natura; e quanti più altri ne aggiungeranno [nuovi risultati] a partire da quelle, tanto più sarò soddisfatto, senza invidia per alcuno. Ho fatto questo voto a Dio, e questa è la mia risoluzione.

⁶Bisogna ricordare infatti che Martin Lutero stesso ebbe modo di vedere le teorie esposte nel *De Revolutionibus* e prese una posizione decisamente e fortemente contraria, definendo Copernico come un pericoloso pazzo ed affermando: "questo sciocco vuole rivoltare l'intera scienza dell'astronomia! Ma come ci insegna la Bibbia, fu al Sole, e non alla Terra, che Giusuè ordinò di fermarsi".

⁷Kepler a Mästlin, 3 ottobre 1595

e ancora⁸:

Le alte dignità e gli onori non esistono per me. Io vivo qui sulla scena del mondo come privato cittadino. Se posso strappare alla corte una parte del mio stipendio, sono lieto di non essere obbligato a vivere completamente a mie spese. Per il resto, mi regolo come se non fossi al servizio dell'Imperatore, ma dell'intero genere umano e della posterità [...].

Per quanto riguarda la descrizione dei solidi inscritti nelle sfere planetarie e del loro ordine nel *Mysterium*, esso era il seguente, rispetto ai pianeti: sfera di Saturno, cubo, sfera di Giove, tetraedro, sfera di Marte, dodecaedro, sfera della Terra, icosaedro, sfera di Venere, ottaedro, sfera di Mercurio. Le leggi vengono ricavate circoscrivendo ed inserendo le orbite dei pianeti nelle varie figure solide, a partire dalla Terra come unità di misura. Keplero inoltre si convinse che l'armonia era determinata attraverso l'influenza fisica (dinamica) del Sole centrale, mentre spingeva i pianeti nel loro moto orbitale. La forza era meno efficace a distanze maggiori. In più, pensava che il Sole fosse più grande sia della Terra sia di qualsiasi altro pianeta e che non vi fosse modo di adattare la sequenza di sfere e solidi in modo da avere la Terra al centro. L'opera non ebbe il successo sperato dal suo professore, anzi, incassò molte critiche e pochi sostegni (uno dei quali arrivò dall'allora sconosciuto Galileo Galilei). Nonostante ciò Keplero rimase molto legato alla sua prima pubblicazione riconoscendovi i semi di tutte le successive scoperte, anche quando le teorie che qui descrisse vennero abbandonate da lui stesso. In più, sebbene all'inizio Mästlin si fosse dimostrato estremamente entusiasta e suo forte sostenitore e promotore, con il tempo anche questo sostegno venne meno: il grande merito di Keplero di aver portato l'astronomia ad un campo fisico piuttosto che geometrico per molti del tempo, Mästlin compreso, non solo era una cosa poco digeribile, ma anche inaccettabile.

Nel 1600 Keplero accettò il posto di assistente offerto da Brahe, sfuggendo così anche agli editti contro i luterani promulgati dai controriformatori austriaci Ferdinando II e Massimiliano II. L'anno successivo, alla morte di Tycho, gli succedette nell'incarico di matematico e astronomo imperiale a Praga, con il compito di proseguire e ultimare il lavoro sulle *Tabulae rudolphinae*. Nel 1609 pubblicò l'*Astronomia Nova*, il cui titolo completo era *Astronomia Nova AITIOAOTHTOΣ seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis ex observationibus G.V. Tychonis Brahe*, dove espose gli studi degli ultimi dieci anni sul pianeta Marte ed enunciò le prime due leggi del moto orbitale. L'opera è dedicata a Rodolfo II. Keplero fu il primo astronomo a dimostrare la validità del sistema copernicano sulla base di cause fisiche, sfruttando proprio i dati ereditati da Tycho e aiutato in ciò dal fatto che Marte era anche il corpo celeste perfetto per il suo lavoro: la sua orbita è quella più ellittica. Un'importante opera che segnò, per ammissione dello stesso Keplero, la sua linea di pensiero fu il *De Magnete* (1600) di William Gilber (1544-

Astronomia Nova

⁸Kepler a Mästlin, 5 marzo 1605

1603), nel quale l'autore trattava la Terra come un grande magnete sferico con una propria rotazione assiale magnetica. La forza che ne risultava diede a Keplero il suggerimento su come considerare l'influenza del Sole sui pianeti: ipotizzò che il Sole esercitasse un'attrazione su ciascun pianeta in parte della sua orbita e una repulsione nell'altra; inoltre, mentre fino ad allora le orbite erano state riferite al centro geometrico dell'orbita terrestre, le riferì al Sole vero e si concentrò sull'orbita planetaria reale che risultava dalle forze solari. In questo modo trovò che poteva utilizzare un unico modello che generasse i moti del pianeta sia in longitudine che in latitudine. Si rese anche conto che qualsiasi osservazione delle posizioni di Marte effettuata da Terra sarebbe stata affetta dal limite di essere misurata da una base mobile la cui posizione nello spazio era incerta; per questo motivo utilizzò le osservazioni prese all'opposizione, quando Sole, Marte e Terra si trovavano allineati, e scoprì anche che Tycho aveva lasciato abbastanza osservazioni anche per effettuare il processo opposto, cioè misurare la posizione della Terra rispetto a Marte. La grande precisione delle osservazioni lasciategli dal predecessore lo spinse a considerare orbite non circolari perché spiegavano le osservazioni fatte. Tutto questo lo trovò con i seguenti passaggi matematico-geometrici:

- trovò la latitudine del nodo ascendente di Marte, cioè la latitudine nulla; calcolò l'inclinazione dell'orbita, che passa per il Sole ed è costante e trovò la direzione della linea degli absidi sempre con riferimento al Sole, trovando così la longitudine dell'afelio;
- verificò con un moto circolare uniforme, che però diede risultati errati;
- riesaminò l'orbita terrestre, trovando che centro geometrico e centro del moto non coincidono;
- ricavò i rapporti Sole-Terra e Sole-Marte trovando, con ripetute osservazioni e calcoli, il raggio del cerchio, la distanza del Sole dal centro del moto della Terra e la direzione della linea degli absidi (diametro passante per il Sole);
- analizzò la relazione tra la variazione della velocità e la variazione della distanza del pianeta dal Sole, trovando che, con riferimento alla figura () e lettere come riportante in didascalia:

$$\mathcal{A}_{\text{tot}} : \mathcal{A}_{\text{settore}} = 2\pi r : \widehat{\text{settore}}$$

$$\mathcal{A}_{\text{CDE}} : \frac{\text{rivoluzione}}{2} = \mathcal{A}_{\text{CAH}} : \text{tempo settore}$$

- l'orbita doveva essere un ovale, con l'asse maggiore sulla linea degli absidi e l'asse minore la distanza media con il centro della figura;
- analizzò di nuovo ancora i dati numerici ricavò:

$$r = a + a \cos E$$

con a distanza media, e eccentricità, E anomalie eccentrica. L'equazione è proprio quella dell'ellisse, riscrivibile anche come:

$$rcosv = ae + acosE$$

Ottenne quindi le prime due leggi delle orbite:

1. *i pianeti descrivono orbite ellittiche delle quali il Sole è uno dei due fuochi;*
2. *il raggio vettore dell'orbita spazza aree uguali in tempi uguali;*

I Legge keplero

II Legge Keplero

anche se con la seconda ebbe difficoltà nella formulazione e la presenza di più versioni creò qualche difficoltà agli studiosi negli anni successivi, fino all'elaborazione di una teoria unificata della dinamica da parte di Newton (che ebbe modo di imbattersi nella seconda legge scritta con le aree).

Nel frattempo Rodolfo II morì e il nuovo imperatore approvò che Keplero ricoprisse la carica di matematico territoriale (*Landschaftsmathematiker*) a Linz, in Austria, pur mantenendo la carica di matematico imperiale e di conseguenza anche l'obbligo di terminare l'elaborazione delle *Tabulae*. Nel 1613 si risposò con Susanna Reuttinger dalla quale ebbe altri sette figli, tre dei quali morti nell'infanzia.

Nel ricercare i rapporti tra le varie orbite planetarie, in *Harmonice mundi* (1619), cercò anche schemi matematici che potessero rivelare una relazione tra i periodi e le grandezze delle orbite planetarie; questo lo portò alla formulazione della terza legge :

Harmonice mundi

III Legge Keplero

3. *il quadrato del periodo di un pianeta sta in rapporto fisso con il cubo del raggio medio.* Nel 1627 finalmente Keplero pubblicò le *Tabulae rudolphinae*; la loro precisione fu dimostrata quattro anni dopo, un anno dopo la sua morte, da Pierre Gassendi che il 17 novembre 1631 poté osservare il transito di Mercurio sul disco del Sole, verificando una predizione delle stesse con un errore solamente di un terzo del diametro solare. Questo rese le leggi alla base delle tavole degne di considerazione.

*Tabulae
rudolphinae*

Negli ultimi dieci anni della sua vita l'astronomo non ebbe vita facile: nel 1620 la madre venne accusata di stregoneria ed il processo, che durò sei anni e vide Keplero come difensore, assieme allo scoppio della Guerra dei trentanni lo costrinse a sconvolgere il proprio lavoro e a pubblicare l'*Epitome astronomiae copernicanae* a pezzi in anni successivi. Scritta sotto la forma di domande e risposte, questa vasta opera raccoglie tutto il pensiero astronomico dell'autore e rende finalmente disponibili anche ad un più ampio pubblico le tre leggi orbitali⁹. In più, la lotta in Austria contro i protestanti lo costrinse a rifugiarsi prima a Regensburg e poi a Ulm, passando infine a Sagan sotto la protezione del generalissimo Wallestein e la -falsa- promessa del pagamento dei numerosi arretrati del suo stipendio, spesso non corrisposto, tramutati in seguito solamente in un posto di professore a Rostock.

*Epitome
astronomiae
copernicanae*

⁹L'*Astronomia Nova* era un'opera molto costosa e scritta in modo molto contorto, anche per rispetto al lascito testamentario di Tycho Brahe. L'*Epitome* sopperisce a questi aspetti negativi, permettendo una migliore fruibilità del contenuto ed una diffusione maggiore.

Keplero muore a Ratisbona il 15 novembre 1630, in povertà e disgrazia, dopo essersi ammalato durante il viaggio verso la città nel tentativo di far valere i propri diritti presso la dieta imperiale che lì si era riunita [Treccani n.d.]. Fu sepolto a Ratisbona nel Cimitero di San Pietro, che venne distrutto nel 1632 dalle truppe di Gustavo Adolfo; in seguito a questo, la sua tomba venne persa e come testimonianza ne rimane solamente la sua lapide, riportante l'epitaffio da lui stesso composto:

Mensus eram coelos,
nunc terrae metior umbras.
Mens coelestis erat,
corporis umbra iacet

A.6 Newton

Nasce a Woolsthorpe-by-Colseterworth il 25 Dicembre 1642 (secondo altri il 4 Gennaio 1643). Studiò al Trinity College a Cambridge; sebbene l'istituto seguisse ancora una linea aristotelica, Newton preferiva i più moderni Cartesio e Copernico.

Nel 1665 scoprì il *Teorema Binomiale*:

$$(a + b)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} a^{n-k} b^k$$

Teorema Binomiale

dove

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

ha gli stessi coefficienti del triangolo di Tartaglia ed n è ancora inteso come appartenente ai numeri naturali \mathbb{N} positivi. In seguito alla chiusura del college a causa della peste, proseguì gli studi per conto proprio; durante questo periodo di isolamento apportò altri grandi contributi al campo matematico e del calcolo numerico. Scoprì infatti quelle che oggi sono note come *Identità di Newton*, cioè delle relazioni che legano i polinomi simmetrici elementari con altri polinomi simmetrici ottenuti tramite somma di potenze. Teorizzò il *Metodo di Newton*, cioè un metodo per il calcolo approssimato della soluzione di $f(x) = 0$ e approssimò la serie armonica $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ con l'uso dei logaritmi. Inoltre cominciò lo sviluppo del calcolo infinitesimale, indipendentemente da Leibniz, ma il fatto di aver aspettato a pubblicare dopo quest'ultimo diede origine ad una disputa accesa per la paternità delle conclusioni; nel 1699 Leibniz venne accusato di plagio da alcuni membri della Royal Society, della quale Newton fu anche presidente. Il calcolo infinitesimale era importante in quanto permetteva l'analisi del comportamento locale di una funzione tramite le nozioni di continuità e limite, studiando la convergenza di una successione o serie, continuità, derivata e integrale. Gli inizi di questa analisi si hanno ancora ai tempi dei Greci con Eudosso, Euclide ed Archimede, ma bisogna

Teorema di Newton

Serie armonica

*Calcolo
infinitesimale*

attendere il XVI secolo perché l'argomento venisse ripreso da Tartaglia e poi studiato da Cavalieri, Barrow, Cartesio, Fermat, Huygens e Wallis. Tuttavia, per un avanzamento decisivo servirono Newton e Leibniz. Nel 1669 divenne professore lucasiano di matematica, ma riuscì a non dover diventare anche prete anglicano per questo (nella tradizione dell'istituto, infatti, tutti i professori lo erano, pur non essendo espressamente richiesto). Per i successivi tre anni si dedicò allo studio dell'ottica e in particolare della rifrazione: dimostrò che un prisma scompone la luce bianca nei diversi colori e che con una lente ed un altro prisma questi venivano ricomposti in un fascio bianco. Ogni telescopio rifrattore, quindi, avrebbe sofferto della dispersione cromatica. Per ovviare a ciò inventò il telescopio a riflessione, che portò in dimostrazione nel 1671 alla Royal Society. Pubblicò i risultati ottenuti nel *On the colours*, che farà parte del più ampio e articolato *Optiks* (1704)¹⁰. Nell'*Hypothesis of Light* (1675) Newton postulò l'esistenza dell'etere per trasmettere le forze delle particelle [Hoskin 2008].

Composizione
della luce
telescopio riflettore

A partire dal 1679 Newton ritornò a ragionare sulle idee sulla gravità. In quel periodo erano già state pubblicate delle opere interessanti che avrebbero aiutato il suo ragionamento. Tra queste un'opera di Cartesio del 1673 dove le curve venivano rappresentate con equazioni; l'*Horologium Oscillatorium*, sempre del 1673, nel quale Huygens (1629-1795) dimostra che l'attrazione di un oggetto rotante verso l'esterno è proporzionale a v^2/r , legge per altro derivata dallo stesso Newton in modo indipendente nel 1665; e infine l'*Attempt to prove the motion of the Earth* (1674) di Hooke, nel quale vengono riportate tre supposizioni innovative fatte dall'autore:

Primo, che tutti i corpi celesti, di qualsiasi natura, hanno una forza d'attrazione o di gravitazione verso il loro centro, per mezzo della quale attraggono non solo le loro parti, impedendo loro di fuggire via, come possiamo osservare che fa la Terra, ma anche tutti i corpi celesti si trovano entro la sfera della loro attività [...]

La seconda supposizione è che tutti i corpi celesti, di qualsiasi natura, che ricevano un moto diretto e semplice, continueranno a muoversi in linea retta fino a quando non vengano, da qualche altra forza, deflessi o deviati in un moto su un cerchio, un'ellisse o su una qualche altra linea curva più complessa. [...]

La terza supposizione è che queste forze d'attrazione siano tanto più intense nel loro operare quanto più il corpo su cui esse operano è vicino al loro centro.

A riaccendere l'interesse per l'argomento fu probabilmente una lettera inviata da Hooke stesso, con il quale Newton aveva già avuto una disputa sulla natura della luce (quest'ultimo, infatti, aveva cominciato a sostenerne la natura corpuscolare). Mentre però Newton concepiva il moto come una lotta tra le forze opposte, Hooke lo trattava con una visione più galileiana. In più in quel periodo John Flamsteed

¹⁰Nel 1704 venne pubblicata la prima edizione; successivamente si avranno numerose edizioni riviste e modificate.

(1646-1719), astronomo reale a Greenwich, confermò di aver scoperto il moto apparente annuo di γ Draconis, che rifletteva il moto dell'osservatore terrestre (in realtà entrambe le cose erano errate) e ciò fece concentrare l'attenzione di Newton sul moto della Terra, portandolo a riesaminare anche il moto di un grave in caduta da una torre. Come ulteriore fortuna, nel 1680 comparve una cometa diretta verso il Sole ed il 10 Dicembre dello stesso anno ne venne osservata una che se ne allontanava. Flamsteed pensava si trattasse della stessa cometa e scrisse a Newton per informarlo e fornirgli i dati osservativi; quest'ultimo suggerì che potesse essere passata dietro al Sole.

Nel 1684 il giovane Halley (1656-1742) si recò da Newton per chiedere quale sarebbe stata l'orbita di un pianeta che si muovesse intorno al Sole con l'attrazione inversamente proporzionale al quadrato della distanza; la risposta fu che essa sarebbe stata un'ellisse. Non trovando i calcoli della soluzione, però, spedì successivamente ad Halley un abbozzo di trattato di nove pagine dedicato al moto dei corpi in uno spazio vuoto e contenente anche una formulazione del principio d'inerzia. Sempre nel *De Motu Corporum* (1784) sistematizzò matematicamente le leggi di Keplero, derivandole dalla soluzione al problema dei due corpi, cioè dalle "Equazioni di Newton", e generalizzandole anche ad orbite iperboliche e paraboliche. Ritenne infatti di aver rimostrato che se un corpo si fosse mosso in conseguenza di un'attrazione verso il centro, esso avrebbe dovuto anche obbedire alla legge delle aree; perciò se l'attrazione avesse seguito una legge inversa al quadrato della distanza l'orbita avrebbe dovuto essere una sezione di conica e viceversa. Se due corpi si muovevano su un'ellisse e l'attrazione era diretta verso un fuoco, le orbite avrebbero obbedito alla Terza legge di Keplero.

Qualche settimana dopo il matematico fece un ulteriore avanzamento: i corpi celesti si attraevano reciprocamente e ogni corpo esercitava sugli altri lo stesso tipo di forza. Era un cambiamento enorme: l'universo pieno di Descartes lasciava definitivamente il posto ad un universo vuoto e la dicotomia aristotelico-tolemaica tra Cielo e Terra veniva definitivamente scardinata, in quanto la legge di gravitazione era la stessa tanto nel primo quanto sulla seconda. In più, ormai Newton era convinto che anche le comete, gli oggetti celesti fino ad allora più imprevedibili e misteriosi, obbedissero alla legge dell'inverso al quadrato della distanza. Il fatto che ogni corpo, per quanto piccolo, esercitasse sugli altri una forza portava ad un aumento smisurato della difficoltà di calcolo, ma anche questo venne risolto quando Newton dimostrò che in un corpo sferico uniforme la somma di tutte le forze di attrazione in gioco era equivalente all'attrazione di tutta la materia immaginata come concentrata nel centro della sfera: era dunque possibile confrontare l'attrazione della Terra sul sasso con quella della Terra sulla Luna, con il risultato ottenuto di $1 : 60^2$.

Newton diede anche la prima spiegazione sufficiente alle maree come il risultato del diverso effetto dell'attrazione solare e lunare su terra ferma e acqua; inoltre

De Motu Corporum

*La legge
di gravitazione
è universale*

*Maree, forma della
Terra e irregolarità
orbitali*

sostenne che, a causa del suo moto di rotazione, la Terra avrebbe dovuto essere leggermente rigonfia all'equatore e schiacciata ai poli e perciò l'attrazione congiunta di Sole e Luna avrebbe potuto spiegare la precessione degli equinozi (già nota ad Ipparco) con l'oscillazione dell'asse terrestre. Inoltre il Sole aveva un'azione destabilizzante anche sull'orbita lunare: dato che due volte al mese, in occasione circa di novilunio e plenilunio, l'attrazione solare diminuiva quella terrestre sulla Luna, mentre in corrispondenza dei quarti la aumentava, le variazioni nella posizione angolare della Luna osservate ancora da Brahe potevano essere spiegate.

Halley convinse Newton a pubblicare le sue scoperte e nel 1687 venne stampato *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, in aperta opposizione ai *Principia* di Descartes. La legge di gravitazione gli permise una conoscenza più approfondita del Sistema Solare, tanto che riuscì a derivare le masse dei pianeti, trovando che la Luna era molto più piccola della Terra e che quest'ultima era di molto inferiore a Giove e Saturno. Nonostante quanto finora detto e i tutti i reattivi tentativi fatti dallo stesso Newton, egli non riuscì a trovare una causa fisica per la gravità.

Nel 1693 Newton ebbe un esaurimento nervoso e, per aiutarlo a riprendersi, Charles Montagu gli offrì nel 1696 un posto alla Zecca Reale. Si trasferì a Londra e prese l'incarico molto sul serio: riformò la moneta e punì gli evasori, anticipando il gold standard che l'Inghilterra adatterà solo dopo il 1717; stabilì un cambio fisso tra sterlina e oncia d'oro; elaborò metodi per aumentare la produttività della Zecca; aumentò il controllo sulla quantità di oro e argento nelle monete coniate e chiuse la filiale provinciale della Banca d'Inghilterra. Si ritirò dai suoi incarichi a Cambridge nel 1701, dopo aver risolto il problema della brachistocrona. Nel frattempo fu anche membro del Parlamento.

Nel 1703 divenne presidente della Royal Society e un associato della Académie des Sciences e nel 1705 venne investito del titolo di Cavaliere dalla Regina Anna.

Morì a Londra il 20 Marzo del 1727.

*Philosophiae
Naturalis
Principia
Mathematica*

A.7 Montanari

Geminiano Montanari nacque a Modena l'1 Giugno 1633. Si laureò in giurisprudenza a Salisburgo, su indirizzo della madre (era orfano del padre, Giovanni), ma durante gli anni di studio si accostò alle idee copernicane e al metodo galileiano grazie a Paolo del Buono, allievo di Galilei, conosciuto a Vienna. Approfondendo le sue conoscenze scientifiche divenne quindi filosofo e matematico alla corte del duca Alfonso IV, affiancando Cornelio Malvasia nelle osservazioni astronomiche. Montanari ideò il reticolo filare, che applicò al telescopio per realizzare una grande e precisa carta lunare. Benché il suo contributo fosse massiccio anche nelle *Ephemerides novissimae* (1662), queste vennero pubblicate a nome del Malvasia. Divenuto nel 1664 professore della cattedra di matematica all'università di Bologna, si dedicò allo studio di diversi settori, dalla meccanica, alla chimica, alla fisiologia. Il

suo interesse principale rimase comunque l'astronomia, tanto che anche in questo periodo pubblica osservazioni di eclissi lunari e solari, studi su meteore e comete e il celebre *Sopra la sparizione d'alcune stelle et altre novità celesti*, del 1671, nel quale dimostrò la variabilità della stella Algol. Fu tra i fondatori dell'accademia della Traccia, acquisendo fama sia come astronomo che come matematico, ingegnere ed idraulico. Nel 1678 il governo veneto istituì la Cattedra di Astronomia e Meteore presso l'università di Padova, riuscendo ad avere Montanari al proprio servizio. Divenne così consulente per la Repubblica in merito a svariate materie, dal controllo delle acque alla Zecca, alla balistica delle artiglierie; cercò di rimediare al problema delle esondazioni del Po nella valle del Po e nel Polesine e a quello dell'acqua alta a Venezia, studiando i moti dell'Adriatico. Divenne un precursore di teorie economiche moderne cercando di contrastare l'attività dei falsari e la speculazione che imperversavano nei mercati della Serenissima.

Sempre nell'ambito astronomico, continuò ad interessarsi delle comete del 1680 e del 1682, sovrintendendo anche alla costruzione di due osservatori: quello del senatore Girolamo Correr, a Venezia, e quello del Seminario, a Padova su incarico di Gregorio Barbarigo. Fu forte critico dell'astrologia, in particolare di quella oroscopica, dedicandosi a dimostrarne l'infondatezza e l'estraneità rispetto all'astronomia moderna tramite metodo scientifico. In quest'ambito, ideò un almanacco di previsioni astrologiche basato sul caso e sulla fantasia dei redattori, che ebbe grande successo di pubblico e continuò a venire pubblicato fino all'uscita della sua opera più conosciuta: *L'astrologia convinta di falso col mezzo di nuove esperienze, e Ragioni Fisico-Astronomiche, o sia la caccia del Frugnuolo* nel 1685.

Morì a Padova il 13 Ottobre 1687.

A.8 Poleni

Giovanni Poleni nacque il 23 Agosto 1683 a Venezia, da una famiglia di nobiltà recente. Si formò a Venezia presso i padri Somaschi prima di tutto in filosofia, ma anche in diritto e teologia; presso di essi fu anche istruito sul disegno, la pittura, la prospettiva e l'architettura. Venne introdotto alla matematica e alla filosofia naturale dal padre, che pure l'avrebbe voluto giurista, ed iniziò a svolgere esperimenti fin dai primi del Settecento, procurandosi strumenti scientifici. Nel 1709 ottenne la lettura di Astronomia e Meteore all'università di Padova, che lasciò nel 1715 per quella di filosofia, per passare poi nel 1719 a quella di matematica, fino ad arrivare nel 1739 a quella di filosofia sperimentale, istituita solamente l'anno precedente dal Senato veneziano. Dal 1755 ottenne anche l'insegnamento di nautica e costruzioni navali. Come si può notare, fu uno studioso eclettico e contribuì in molti ambiti diversi. Seguì studi astronomici ed esaminò il fenomeno delle aurore boreali; intraprese a Padova rilevamenti meteorologici che divennero

regolari dal 1725¹¹. Realizzò la prima trattazione analitica di idraulica lagunare grazie all'equazione che ottenne per il volume di liquido defluito da un vaso cilindrico con apertura rettangolare variabilmente immersa: di grande rilevanza, infatti, furono i suoi lavori in idraulica teorica e applicata, pubblicati tra il 1717 e il 1718 e che fornirono risultati di valore in foronomia. Studiò anche l'aumento di portata uscente da un foro con l'inserimento di un corto prolungamento a forma di tubo, fenomeno detto *Effetto Poleni*. Esperto anche di resistenza dei materiali, di architettura antica e filologia, curò il restauro di diversi prestigiosi edifici, tra i quali vale la pena ricordare gli studi per il restauro della cupola di san Pietro a Roma realizzato da Luigi Vanvitelli. Fu un perfezionatore di strumentazioni scientifiche¹², dai termometri e barometri fino agli orologi solari e agli strumenti di meccanica, calcolo e navigazione, costruendo presso l'Ateneo di Padova una ricca raccolta di strumenti e acquisendo una grande notorietà a livello europeo, tanto che tra i suoi corrispondenti stranieri figurano personalità di spicco. Egli stesso divenne membro di diverse accademie italiane ed estere: fu *fellow* della Royal Society, socio dell'Accademia di Berlino, membro dell'Accademia delle Scienze di Parigi e socio dell'Accademia delle Scienze di San Pietroburgo. Ricoprì anche diversi incarichi pubblici, da consulente del Magistrato alle acque di Venezia, a provveditore dell'Arca del Santo, a deputato e provveditore della Sanità.

Morì a Padova il 15 Novembre 1761.

¹¹Le sue osservazioni originali sono ora conservate nell'archivio storico dell'Osservatorio di Padova e costituiscono le prime di una serie di osservazioni compiute nell'arco di oltre due secoli.

¹²Oggi queste strumentazioni sono conservate al Museo di Storia della Fisica.

Ringraziamenti

Siamo giunti alla parte finale di questo lavoro, quella che di solito viene letta più volentieri da amici e parenti. Ringrazio tantissimo il mio relatore, il prof. Giulio Peruzzi, la mia correlatrice, la prof.ssa Valeria Zanini, ed il mio correlatore, il prof. Simone Zaggia, per avermi permesso di svolgere la tesi su un argomento che potesse unire tutto il mio percorso di studi, dal Liceo Classico, all'Astronomia, al Disegno della Scuola Internazionale di Comics. Grazie per la molta pazienza, comprensione e la competenza dimostrate nell'indirizzarmi quando mi perdevo in un ambito che ormai non toccavo da dodici anni, e del quale non ho competenze specifiche.

Ringrazio anche mio marito Gianluca, per avermi supportato in questi anni e per aver sopportato il peso delle faccende domestiche e familiari nei periodi più congestionati degli ultimi esami e della stesura della tesi, nonostante la stanchezza ed il lavoro. Un abbraccio al mio piccolo Marco, che nonostante i suoi tre anni ha capito che "la mamma studia" ed ha accettato la mancanza di attenzione materna a cui in certe settimane l'ho costretto. Mi spiace tantissimo per tutti i giochi che avremmo potuto fare e invece ci siamo persi. Ne sarà però valsa la pena se, quando sarai più grande, questo lavoro ti potrà essere di esempio per non mollare mai nonostante le difficoltà, la fatica e gli avvenimenti della vita, e per portare a termine le cose con impegno. Anche chiedendo aiuto, quando serve, senza paura. E spero che lo sarà anche per la tua sorellina (se fossi "un fratellino", sappi che mi avevano detto sbagliato! Nel caso, spero che comunque potrà essere di esempio lo stesso anche per te!).

A proposito di aiuto, non posso non dire un grande GRAZIE a tutti i nonni di Marco: Attilio e Silvana, Orfea e Carlo. Si sono turnati nel ruolo di babysitter per permettermi di studiare qualche ora anche quando ancora non andava all'asilo, o in caso di malattia, e la loro presenza è stata fondamentale anche dal punto di vista organizzativo (ed economico!). Sempre detto che i nonni sono una benedizione, e penso che anche i miei da lassù mi abbiano dato una bella mano; spero che siano fieri del risultato. Grazie anche alle zie, Luisa ed Elisa, perché anche loro hanno fatto dei bei turni di babysitting e si sono anche sorbite un notevole numero di scleri da stress universitario da parte della sottoscritta. Mia sorella, oltre ai grattini alla schiena che fanno sempre piacere in caso di stress, mi ha aiutato anche

costringendomi a ripassare cose ormai dimenticate di matematica e fisica. Bisogna ringraziare anche lo zio Daniele per aver giocato ogni tanto alla playstation con papà Gianluca, aiutandolo a rilassarsi almeno un pochino, e per aver fatto quattro chiacchiere sempre e volentieri quando servivano.

Tantissimi grazie vanno anche ai miei amici, che quando mi trovavo emotivamente in difficoltà hanno saputo spronarmi e darmi sostegno, ovviamente ognuno con i suoi modi. Penso in particolare al gruppo storico, che mi sopporta da tempi ormai immemori: Erika, Alda, Ilaria, Daniele, Vania, Giulia, Ruggero, Bertons, Maraf, Kunny, la Zanna, Alessandra, Roberta...sappiate che mi mancate un sacco! Non avete idea di quanto! Ringrazio anche tutti gli altri che, magari lontani fisicamente, ma vicini col cuore ed il pensiero, ogni tanto si sono fatti sentire con qualche foto e pensiero, strappandomi un sorriso e tanta nostalgia. Non vi nomino uno per uno perché siete veramente tanti, ma penso sappiate che siete nei miei pensieri anche se a volte non mi faccio viva per molto tempo. Un grazie anche ai nuovi amici dalla zona vicentina: Edoardo (che ogni tanto mi ricorda quanto bella possa essere l'Astronomia, quando me ne dimentico...) e Monica, Stefano e Maela, Michele e Ketty, Franco e Rossana, Laura e Marco e alla bellissima di schiera di figli che quando ci si trova rende la giornata veramente piacevole (grazie Beatrice, in particolare, per essere una babysitter meravigliosa per tutti i più piccoli!).

Ci tengo a fare due menzioni particolari. La prima ad Enrico e alla Dea: grazie per tutte le volte che ci invitate a cena o a giocare, permettendomi di uscire dall'isolamento mamma-studentessa e far passare a Marco qualche giornata in compagnia di Diego e Marta. Soprattutto, grazie mille alla Dea per avermi permesso di seguire un progetto di disegno che mi è piaciuto tantissimo, mi ha portato qualche dindino in tasca, mi ha dato soddisfazione e mi ha reso più sopportabile lo studio di alcune materie non proprio nelle mie corde. La seconda a Giulia Piazza, per moltissimi motivi...per le chiacchierate al telefono, per aver suonato il suo bellissimo violino al mio matrimonio, per esser diventata zia circa in corrispondenza a quando io sono diventata mamma e per essere venuta con me e mia sorella a vedere quel gran bravo violinista di David Garrett.

A proposito, grazie a David Garrett e a Ricky Martin per aver fatto da colonna sonora ad alcuni esami, a tutta la stesura della tesi e ai viaggi a Padova!

Bibliografia

- A.Koyré (1966). *La rivoluzione astronomica. Copernico, Keplero, Borelli*. Feltrinelli.
- Baldini, Ugo (1997). «La formazione scientifica di Toaldo». In: *Giuseppe Toaldo e il suo tempo, nel bicentenario della morte, scienza e lumi tra Veneto ed Europa*. A cura di Centro per la storia dell'Università di Padova; Osservatorio Astronomico di Padova. Vol. Atti del Convegno. Padova: Bertoncetto Artigrafiche, pp. 137–157.
- Barbieri, Franco (1979). *Dizionario Biografico degli Italiani*. Volume 23. URL: [http://www.treccani.it/enciclopedia/domenico-cerato_\(Dizionario-Biografico\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/domenico-cerato_(Dizionario-Biografico)).
- (1981). *Dizionario Biografico*. volume 25. URL: [http://www.treccani.it/enciclopedia/giacomo-ciesa_\(Dizionario-Biografico\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/giacomo-ciesa_(Dizionario-Biografico)/) (visitato il 2016).
- Bucciantini, Massimo (2003). *Galileo e Keplero*. A cura di Giulio Einaudi editore. Edizione Mondolibri S.p.A.
- Caffarelli, Roberto Vergara (2011). *Il Laboratorio di Galileo Galilei*. URL: <http://www.illaboratoriodigalileogalilei.it/index.html> (visitato il 2011).
- Casati, Stefano (1997). «La meteorologia lunare di Toaldo». In: *Giuseppe Toaldo e il suo tempo, nel bicentenario della morte, scienza e lumi tra Veneto ed Europa*. A cura di Centro per la storia dell'Università di Padova; Osservatorio Astronomico di Padova. Vol. Atti del convegno. Padova: Bertoncetto Artigrafiche, pp. 697–719.
- Copernico, Nicolò (1543). *De revolutionibus orbium coelestium*. Norimbergae apud Ioh. Petreium.
- Crasta, Francesca Maria (1980). *Pianeti e teorie del cielo nel Settecento*. Loesher Editore.
- Ferrighi, Alessandra (2002). «Professori e scienziati a Padova nel Settecento». In: *Cattedra di Architettura civile*.
- Francesca Xausa, Luisa Pigatto e (2006). «Astronomi del territorio marosticense alla Specola di Padova». In: *Atti del Convegno di Marostica 13-14 Febbraio 2004*. Comune di Marostica.
- francesi, società di dotti (1826). *Biografia Universale Antica e Moderna*. Vol. Volume XXXI. G.Molinari.
- Galilei, Galileo (1589). *Capitolo contro il portare la toga*. a cura di Patrizio Sanasi.
- (1613). *Istoria e Dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*. Roma: Giacomo Mascardi- Accademia Lincei.
- Galileo, Museo (2015a). *Cannocchiale di Galileo*. URL: <http://catalogo.museogalileo.it/oggetto/CannocchialeGalileo.html> (visitato il 2015).

- Galileo, Museo (2015b). *Cannocchiale di Galileo*. URL: http://catalogo.museogalileo.it/oggetto/CannocchialeGalileo_n01.html (visitato il 2015).
- Hoskin, Michael (2008). *Storia dell'Astronomia*. BUR.
- Il sarto-Giovanni Battista Moroni (2014). URL: <https://trama-e-ordito.blogspot.it/2010/09/il-sarto-di-giovanni-battista-moroni.html> (visitato il 2014).
- Il significato dei colori nel periodo Rinascimentale* (2013). URL: [Il%20significato%20dei%20colori%20Il%20significato%20dei%20colori%20ne%20E2%80%A6](http://www.significatodeicolori.it) (visitato il 2013).
- Jeffarres, Neil (2016). *Dictionary of pastellists before 1800*. URL: www.pastellists.com.
- Kepler, Ioannes (1619). *Harmonices Mundi*. Vol. libro V. Lincii Austriae.
- King, Henry C. (Controllare). *The history of the telescope*. Harold Spencer Jones Publisher Courier Dover Publication.
- Lansberg, Johan Philip (1632). *Tabulae motuum coelestium perpetuae*. Zacharia Romanum.
- Lepschy, Antonio (1996). «La "Macchina Aritmetica" di Giovanni Poleni». In: *Padova ed il suo territorio* XI.61, pp. 12–14.
- Lorenzoni, Giuseppe (1921). *I Primordii dell'osservatorio astronomico di Padova*. A cura di Antonio Favaro. Memoria pubblicata postuma. Premiate Officine Grafiche C. Ferrari.
- Luyts, Joannis (1692). *Astronomica Institutio, in qua doctrina sphaerica atque... controllare*.
- Malombra, M.Gio. (1274). *La Geografia di Claudio Tolomeo alessandrino, già tradotta da M.Giero. Ruscelli e hora in questa nuoua editione da M.Gio.Malombra ricorretta, e purgata d'infiniti errori: come facilmente nella Prefazione a' Lettori può ciascuno vedere*. Giordano Ziletti.
- Metze, Gudula (2004). «Die Entwicklung der Copernicus-Porträts vom 16. Jahrhundert bis zum 18. Jahrhundert». Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie. Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- Montanari, Geminiano (1695). *L'astrologia convinta di falso col mezzo di nuove esperienze, e Ragioni Fisico-Astronomiche, o sia la caccia del frugnuolo*. Venezia. Francesco Nicolini.
- Moschini Giannantonio; Zanoni, Rizzi (1817). *Guida per la città di Padova all'amico delle belle arti*. Venezia: a spese de' Fratelli Gamba.
- Museo Astronomico di Padova, Inaf (2016). *Museo Astronomico di Padova*. URL: http://www.beniculturali.inaf.it/easyne2/struttura/museo_dell_osservatorio_astronomico_di_padova/?IDLYT=4885 (visitato il 2016).
- Newton, Isaacus (1713). *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Editio Secunda. Cantabrigiae.
- Pappiani, Alberto (1445). *Della sfera armillare e dell'uso di essa nell'astronomia nautica e gnomonica*. Andrea Bonsucci.

- Picinali, Giorgio Mancini; Stefano Marzocchi; Giambattista (2002). *Filosofia, Storia* 1. A cura di Salvatore Veca. Bompiani.
- Pigatto, Luisa (1997). «Giuseppe Toaldo: profilo biobibliografico». In: *Giuseppe Toaldo e il suo tempo, nel bicentenario della morte, scienza e lumi tra Veneto ed Europa*. A cura di Centro per la storia dell'Università di Padova; Osservatorio Astronomico di Padova. Vol. Atti del Convegno. Padova: Bertinello Artigrafiche, pp. 5–105.
- (2007). *La Specola di Padova*. Signumpadova.
- Ripa, Cesare (1593). *Iconologia, ovvero descrizione dell'imagini universali cavate dall'antichità et da altri luoghi da Cesare Ripa Perugino, opera non meno utile, che necessaria à Poeti, Pittori, Scultori, per rappresentare le virtù, vitij, affetti, et passioni humane*. A cura di E-text. liberliber. URL: <http://www.e-text.it/>.
- Rossetti, Giovambattista (1765). *Descrizione delle pitture, sculture, ed Architetture di Padova*. Stamperia del Seminario.
- Strano, Giorgio (2007a). *L'osservatorio essenziale. Fortuna e ricezione degli strumenti astronomici di tychi Brahe dall'Europa alla Cina*.
- (2007b). *Strumneit alessandrini per l'osservazione astronomica: Tolomeo e la Mathematiké syntaxis*.
- (2008). *Il telescopio di Galileo*. Giunti.
- Tiozzo, Vanni (1998). *Relazione sul restauro della Sala delle Figure*.
- (2001). *Relazione restauro circoscritto Sala delle Figure*.
- Toaldo, Giuseppe (1797). *Della vera influenza degli astri sulle stagioni e mutazioni del tempo*. Saggio Meteorogico. Terza Edizione. Nel Seminario appresso Tommaso Bettinelli.
- Tognoni, Federico (2013). *Iconografia galileiana*. Firenze: Giunti.
- Treccani, Enciclopedia. *Kepler, Joannes*. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/johannes-kepler>.
- Zanini, Valeria (2016). *Storia dell'Astronomia - A.A. 2016-2017*.