

“Galileo e la Rivoluzione scientifica nei libri della Biblioteca Mozzi-Borgetti”

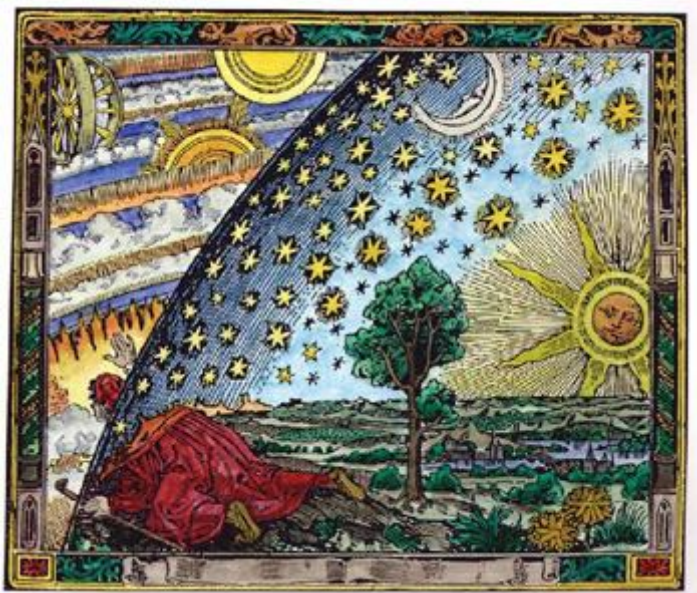
Un'introduzione ed un commento alla mostra del Libro antico di astronomia
alla Biblioteca Comunale Mozzi-Borgetti

Le opere in mostra nella Biblioteca Mozzi-Borgetti gettano ampie zone di luce su aspetti salienti della Rivoluzione scientifica. Per comodità espositiva esse sono state approssimativamente classificate in alcune tipologie culturali che hanno caratterizzato lo sviluppo dell'astronomia negli ultimi due millenni: opere di astronomia e cosmologia di derivazione aristotelica-tolemaica; strumentazione astronomica in uso prima del cannocchiale; opere copernicane e d'osservazione con il cannocchiale e, infine, testi di magia naturale che hanno esercitato una certa influenza agli inizi della rivoluzione scientifica.

1. Opere di astronomia e cosmologia di derivazione aristotelica-tolemaica

Un gruppo consistente di opere, fra le più antiche tra quelle esposte, appartiene all'astronomia ed alla cosmologia aristotelico-tolemaica. Opera paradigmatica è il *De Coelo* di Aristotele, in mostra nella bella edizione veneziana del 1516, con il commento di Tommaso d'Aquino. In quest'opera Aristotele fa un'ampia discussione del problema della unità e unicità del cosmo. Ma fin dal medioevo sorsero i primi dubbi sulla struttura del cosmo proposta da Aristotele e già diversi commentatori erano arrivati a chiedersi: "Se un uomo potesse viaggiare fino a raggiungere la sfera più esterna delle stelle fisse, cosa accadrebbe se quest'uomo tentasse di stendere il suo braccio oltre la sfera più esterna? Il suo braccio si "troverebbe" da qualche parte?"

Aristotele, nel *De Coelo* (I, 9, 279a 11-b 3) aveva già formulato la sua risposta in questi termini: *"È insieme evidente anche che fuori del cielo non c'è né luogo, né vuoto, né tempo. In ogni luogo infatti può sempre trovarsi un corpo; vuoto poi dicono essere ciò in cui non si trova presente un corpo, ma può venire a trovarsi; tempo infine è il numero del movimento, e non c'è movimento dove non c'è un corpo naturale. Ma si è dimostrato che fuori del cielo non c'è né può venire ad esserci un corpo. È evidente dunque che fuori del cielo non c'è neppure luogo, né vuoto, né tempo. Perciò gli enti di lassù non son fatti per essere nel luogo, né li fa invecchiare il tempo, né si dà alcun mutamento in nessuno degli enti posti al di là dell'orbita più esterna, ma, inalterabili e sottratti ad ogni affezione, trascorrono essi tutta l'eternità in una vita che di tutte è la migliore e la più bastante a se medesima".*



Questa immagine, apparsa nel 1888 nel libro di Camille Flammarion *L'Atmosphère: Météorologie Populaire*, riprende l'idea dei commentatori medievali di Aristotele che si chiedevano cosa ci fosse "oltre" l'ultima sfera

Riveste una grande importanza per la scienza medievale il trattato *Sphaera Mundi* di Sacrobosco, astronomo inglese vissuto nel Duecento, professore all'Università di Parigi. Questo trattato, edito in numerosissime edizioni e in diverse lingue fino alla metà del Seicento, spiegava in modo semplice e lineare la teoria epiciclica di Tolomeo. Fu utilizzato come testo obbligatorio in tutte le università europee. Una ricerca condotta dallo scrivente ha ampiamente dimostrato la straordinaria longevità di questo testo scolastico che fu in uso presso l'Università di Bologna sia in forma manoscritta, sia a stampa, per oltre due secoli. Presso le biblioteche dell'Università e dell'Archiginnasio della città emiliana sono infatti conservate una trentina di copie a stampa della *Sphaera*, in edizioni che vanno dal 1478 al 1604, sia in latino che in volgare.

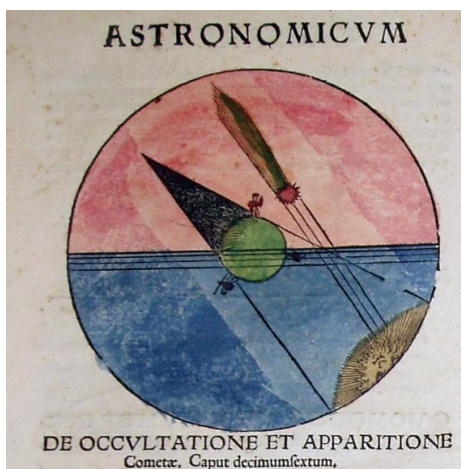
Sarà in mostra, alla Mozzi-Borgetti, la bella edizione veneziana del 1490 e quella commentata dal gesuita Christophorus Clavius (Roma, 1581). E' interessante notare che l'edizione del 1490, in possesso della Biblioteca maceratese, sembra sfuggita all'attenzione degli studiosi in quanto non appare recensita nei repertori consultati.

Un'altro trattato perfettamente inserito nel filone della scienza antica è il *Liber Geographiae* di Tolomeo (Venezia, 1511, edizione a cura di Bernardo Silvano), la cui attribuzione a questo grande astronomo è stata a lungo messa in discussione, specialmente per quanto riguarda la cartografia annessa, che dovrebbe comunque risalire, almeno in gran parte, al VI secolo della nostra era. La *Geographia* fu lungamente utilizzata dai naviganti fino alla metà del Seicento, nonostante i gravi errori delle sue carte. Uno dei più clamorosi riguardava le dimensioni del Mediterraneo, stimato da Tolomeo ben 1000 chilometri più ampio del vero, in particolare nel tratto di costa che va dalla Tunisia ad Alessandria d'Egitto. L'opera di Tolomeo è inserita, a ragione, in questa mostra, in quanto le coordinate geografiche delle località citate erano state determinate con metodi

astronomici.

Nell'edizione veneziana del 1511, Bernardo Silvano da Eboli tentò una correzione generale degli elementi astronomici delle carte tolemaiche, sia per l'Italia sia per altre regioni, applicando la corografia tolemaica a un'Italia rappresentata in conformità alle carte nautiche. Pur realizzando una rappresentazione veramente nuova, l'autore tuttavia inserì solo i nomi di località offerti da Tolomeo, facendo risultare la carta molto povera sul piano toponomastico.

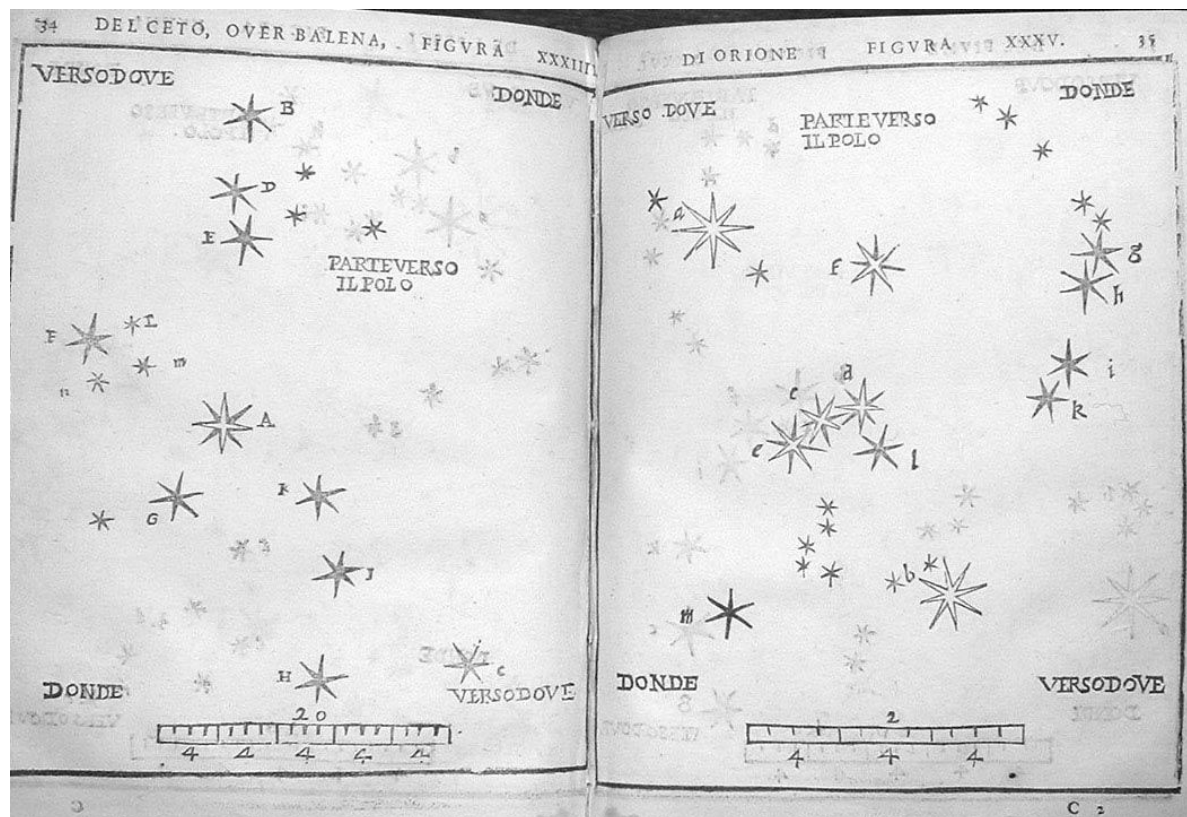
Anche la splendida opera *Astronomicum Caesareum* (Ingolstadt, 1540) di Pietro Apiano, dedicata all'imperatore Carlo V, non si discosta quasi per nulla da una visione geocentrica del cosmo. In quest'opera ricchissima e di straordinaria bellezza emergono, almeno nelle ultime pagine, inaspettati spunti di novità di notevole interesse scientifico, specialmente quando l'Autore fa il resoconto delle osservazioni di alcune comete, tra le quali la famosa cometa di Halley nel suo passaggio del 1531. E' qui che Apiano formula l'ipotesi, corretta, che le code cometarie si dispongono sempre in direzione opposta al Sole.



Bellissimo disegno acquerellato contenuto nelle ultime pagine dell'*Astronomicum Caesareum* di Pietro Apiano nel quale è mostrata la geometria d'osservazione di una cometa, con la coda rivolta correttamente in direzione opposta al Sole, ma inserita in una visione puramente geocentrica, secondo il classico sistema tolemaico. Occorre ricordare che appena tre anni dopo la pubblicazione dell'*Astronomicum*, uscì il grande capolavoro di Copernico, il *De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

La *Sfera del Mondo* (qui nell'edizione veneziana del 1552) di Alessandro Piccolomini è un'altra opera che godette di notevole fama per tutto il Cinquecento e che fu ripubblicata almeno una decina di volte. L'adesione all'Aristotelismo dell'autore è indubitabile e per accertarsene basta leggere alcuni titoli dei paragrafi del primo libro: *Che il cielo si muova circolarmente*; *Che la Terra sia in mezzo al Mondo*, e via di questo passo. Nel libro secondo descrive in dettaglio l'universo aristotelico con un linguaggio sufficientemente comprensibile anche ad un lettore moderno: *l'universo [è] tutto distinto in quattordici sfere, dieci eterne e divine e quattro caduche e mortali*. Nei capitoli successivi Piccolomini cerca di dimostrare, con argomenti geometrici, che la Terra, immobile, è in mezzo all'universo e che le sue dimensioni, rispetto al cielo stellato, *sia quasi un punto* (libro II, cap. VI). Un capitolo, l'XI, è interamente dedicato al movimento circolare dei

cieli e quello successivo al movimento circolare dei sette pianeti (il Sole era compreso tra questi). Nulla di nuovo nonostante che l'opera di Copernico fosse stata pubblicata nove anni prima. Per un lettore moderno, è di notevole interesse la ricca raccolta di carte celesti, una per ogni costellazione.



Le costellazioni della Balena e di Orione, nelle carte stellari riportate Alla fine del Sesto libro della *Sfera del Mondo* di Alessandro Piccolomini

L'Opera Omnia (Venezia 1555) di Girolamo Fracastoro, raccoglie gli scritti di una delle figure più eclettiche del Rinascimento. Lo studioso veronese si occupò di medicina ed è considerato uno dei fondatori della moderna patologia. Il suo contributo all'astronomia, contenuto nell'*Homocentrica* (1538) si sviluppa in diverse direzioni, sia a livello teorico che pratico. Ricordiamo il suo tentativo di rilanciare il sistema delle sfere omocentriche di Eudosso e l'affermazione, formulata quasi in contemporanea con Apiano, che la coda delle comete è sempre opposta al Sole. Nell'*Homocentrica* troviamo anche la ben nota descrizione di un apparato che sembra anticipare l'invenzione del cannocchiale: "Se qualcuno guarda attraverso due lenti da occhiale, una tenuta davanti all'altra, egli vedrà tutto più grande e più vicino". Nonostante queste lucide visioni scientifiche, che si estendono anche in campo medico (ben noti i suoi contributi allo studio della sifilide) abbiamo comunque lasciato Fracastoro tra i fedeli seguaci della filosofia di Aristotele.

Le tavole per le tangenti del grande astronomo tedesco Regiomontano, le *Tabulae directionum* (Wittenberg 1584), sono state inserite nella mostra perché furono di fondamentale

ausilio per i calcolatori di effemeridi astronomiche del Cinque-Seicento.

Un'opera che illustrava le basi dell'astronomia tolemaica, ma il cui autore insegnò a lungo Copernico a studenti delle qualità di un Keplero, è l'*Epitome Astronomiae* di Michael Maestlin (Heidelberg 1582). Molti dimenticano che Maestlin fu un acuto studioso del cielo, abbastanza anticonformista da insegnare l'osteggiata dottrina copernicana nell'università luterana di Tubinga (dove rimase per ben 47 anni), pochi decenni dopo che Martin Lutero aveva espresso questo lapidario giudizio: “si parla di un nuovo astrologo [Copernico] che vuol dimostrare che la Terra si muove invece del cielo, del sole, della luna... Questo imbecille vuol mettere con i piedi per aria tutta l'arte dell'astronomia. Solo che, la Sacra Scrittura ce lo dice, è al Sole che Giosuè ha ordinato di fermarsi, e non la terra”.

Nell'*Epitome* Maestlin offre una trattazione manualistica molto tradizionale ad uso dei suoi studenti, assai simile nella struttura alla *Sphaera* di Sacrobosco. Se si esamina con una certa attenzione l'opera, (è ciò che ha fatto lo scrivente, il quale ha anche condotto una ricerca su alcune decine di edizioni della *Sphaera*) ha notato che numerose illustrazioni dell'*Epitome* sono copiate, di sana pianta, da diverse versioni cinquecentesche del trattato di Sacrobosco.

L'ultima opera in mostra nella sezione che potremmo anche definire “anticopernicana”, è l'*Almagestum Novum* del gesuita ferrarese Giovanni Battista Riccioli, pubblicata a Bologna nel 1651, quando cioè la Rivoluzione scientifica era già in una fase assai avanzata. L'*Almagestum Novum*, che nelle intenzioni dell'autore doveva essere la versione “moderna” della fondamentale opera di Tolomeo, è da molti punti di vista straordinaria, a partire dal consistente numero di gesuiti che collaborarono alla sua stesura, coordinati dallo stesso Riccioli. Il più importante dei collaboratori fu Francesco Grimaldi, noto per i suoi fondamentali studi sulla diffrazione della luce, ampiamente ripresi da Newton. L'*Almagestum Novum* fu ammirato dagli illuministi e dagli enciclopedisti che vedevano in Riccioli una sorta di loro precursore. Questo sterminato lavoro compilatorio, contenuto in centinaia di pagine di grande formato, oggi è ricordato soprattutto per le belle selenografie disegnate da Grimaldi e dalla toponomastica lunare, inventata dallo stesso Riccioli, tuttora ampiamente utilizzata per indicare le diverse formazioni presenti sulla superficie del nostro satellite.

2. La strumentazione astronomica prima del cannocchiale

Diamo un cenno descrittivo della strumentazione astronomica in uso fino alla fine del Cinquecento, prima di introdurre alcune opere in mostra che ne contestualizzano l'impiego.

E' necessario sottolineare che per millenni gli strumenti erano rimasti invariati, salvo poche e non decisive migliorie, fino all'avvento di Tycho Brahe nella seconda metà del Cinquecento. E' il caso

dell'*armilla equatoriale*, che era stata usata da Ipparco nel secondo secolo a.C. per determinare gli istanti degli equinozi di primavera e d'autunno. Essa consisteva in un grande anello di bronzo infisso in una base di muratura ed orientato esattamente nel piano dell'equatore celeste. Quando il sole è agli equinozi l'ombra del lembo anteriore dell'anello cadrà precisamente sulla superficie interna della parte anteriore dell'anello. La precisione dello strumento deriva da due fattori: dalla perfetta planarità dell'anello e dal suo preciso orientamento sul piano equatoriale.

Per misurare l'altezza del Sole a mezzogiorno si usava invece il *plinto*, utile anche per determinare l'obliquità dell'eclittica e la latitudine del luogo d'osservazione. Esso si ricavava da un blocco di pietra o legno dove una delle facce è esattamente coincidente con il piano meridiano e sulla stessa faccia, nella sua parte più a sud, erano applicati due pioli cilindrici sulla stessa linea verticale.

Il piolo più alto è sostanzialmente uno gnomone che proietta la sua ombra sul quadrante di un quarto di cerchio inciso sulla faccia, al quale è fissato un filo a piombo che deve passare esattamente sul piolo sottostante. Lo strumento ha un inconveniente piuttosto grave perché quando si vuol determinare il mezzogiorno vero, il piolo superiore non getta ombra sul quadrante, rendendo perciò molto problematico rilevare il passaggio meridiano dell'astro.

Uno strumento di una certa sofisticazione meccanica, realizzato in bronzo, era l'*armilla meridiana*, con la stessa funzione del plinto, serviva per determinare l'altezza meridiana del Sole. Composta da un anello finemente graduato e montato su di una base molto solida, essa giaceva con precisione sul piano meridiano. All'interno dell'anello se ne montava un secondo più piccolo che disponeva di un minimo gioco per consentirne la rotazione. L'anello rotante aveva due piastrine di collimazione che servivano da traguardi.

Il *triquetrum* fu considerato da alcuni lo strumento astronomico maggiormente diffuso tra gli astronomi occidentali, dal periodo ellenistico fino al Rinascimento. Tra questi lo utilizzò Copernico nelle sue rare osservazioni in una versione con un braccio di due metri e mezzo di lunghezza.

Il *triquetrum* serviva a determinare la distanza zenitale meridiana della Luna e l'altezza meridiana delle stelle fisse, ed era costituito da un sostegno verticale in legno in cima al quale era imperniata un'alidada che conteneva un'aletta all'estremità inferiore e, in quello superiore, un foro più grande. Al piede del sostegno era imperniata un sottile listello di legno. Le letture si eseguivano puntando l'oggetto celeste attraverso l'aletta in modo da centrarlo perfettamente nel foro del traguardo superiore. L'angolo si ricavava dalla posizione dell'indice lungo il sottile listello.

Il più complesso degli strumenti era l'*astrolabio* costituito da sette anelli di bronzo concentrici dei quali sei erano mobili. L'anello più interno supportava una coppia di traguardi che si rivolgeva verso l'oggetto celeste da misurare.

Una volta stazionato sul piano meridiano questo complesso strumento consentiva la lettura diretta delle coordinate eclittiche dell'astro senza dover convertire le misure d'altezza e di azimut. Probabilmente Tolomeo lo utilizzò nelle osservazioni che gli servirono per la compilazione del suo famoso catalogo stellare. Anche la *balestriglia* fu ampiamente utilizzata per le misure angolari tra le stelle e i pianeti. Non si poteva però certamente definire uno strumento di alta precisione, tutt'altro. Decisivo per l'astronomia d'osservazione pretelescopica fu il contributo del danese Tycho Brahe, certamente il più grande astronomo visuale di ogni tempo.



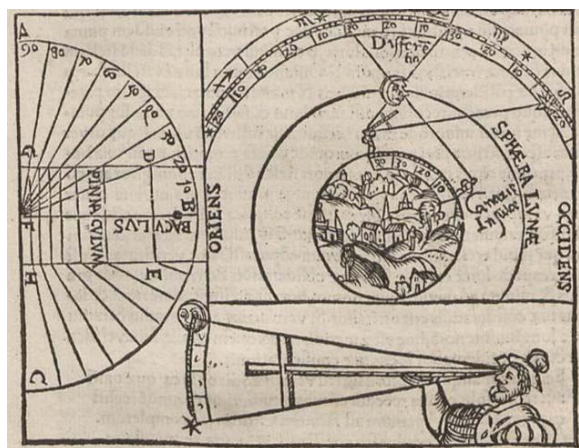
Uno schizzo che raffigura il *triquetrum*, tracciato dall'astronomo Wilhelm Schickard a margine della sua copia del *De Revolutionibus* di Copernico.



Copia in legno di una armilla meridiana

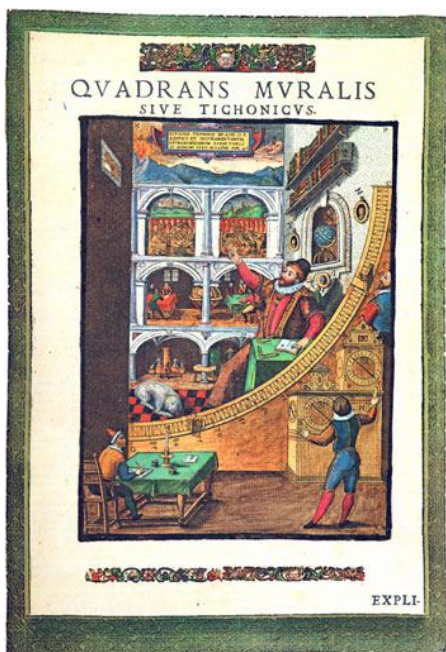


L'astrolabio fu utilizzato dagli astronomi e dai naviganti per molti secoli e fu studiato minuziosamente anche da letterati del calibro di Geoffrey Chaucer che fu autore del miglior trattato sulle sue modalità d'uso.



Bella illustrazione dal *Cosmographicum Liber* di Apiano nella quale è illustrato il metodo per determinare la longitudine di un luogo facendo uso della *balestriglia* (o bastone astronomico) per mezzo della quale si determinava la distanza tra la Luna ed una stella. Due osservazioni simultanee, da due diverse località, consentiva di determinare la differenza di longitudine tra i due luoghi. In realtà, le differenze di longitudine ottenute con la *balestriglia* si potevano rivelare sbagliate anche di centinaia di chilometri.

I suoi grandi strumenti d'osservazione, installati negli Osservatori di Uraniborg e Størborg sull'isola Hven, fecero epoca perché consentivano, per la prima volta nella storia dell'umanità, di ottenere misure angolari di grande precisione, indispensabili per poter determinare le reali orbite dei pianeti, il percorso delle comete e la redazione di nuove e più accurati cataloghi stellari. Tycho descrisse con dovizia di particolari gli innumerevoli strumenti dei suoi Osservatori in un'opera straordinaria, uscita postuma, la *Astronomiae Instauratae Mechanica*. In mostra abbiamo invece la



Il grande quadrante murale realizzato da Tycho Brahe per il suo Osservatorio di Uraniborg sull'isola di Hven.

Astronomiae Instauratae Progymnasmata, pubblicata a Praga nel 1602 a cura degli eredi di Tycho, che raccoglie numerose osservazioni ottenute a Hven, tra le quali quella della stella “nova” del 1572. Vi è anche illustrato il “sistema planetario tychonico”, la cui autenticità il suo autore contava di dimostrare, contrapponendolo a quello tolemaico e copernicano. Purtroppo Tycho morì prima che il suo programma giungesse a compimento. E forse fu un bene, perché infinita sarebbe stata la sua delusione se avesse visto con i propri occhi ciò che dimostrò il suo giovane “collaboratore”, Giovanni Keplero: il vero e unico sistema del mondo era quello di Copernico.

Proseguendo nel nostro esame delle opere in mostra, troviamo un volume di grande successo, il *Cosmographicus Liber* (Landshut 1533) di Pietro Apiano, in una edizione commentata ed ampliata da Gemma Frisio. Si tratta di un manuale più volte ristampato per tutto il Cinquecento, nel quale Apiano afferma che la *Cosmografia* è la descrizione “universale” del mondo, dei quattro elementi aristotelici, della Terra, del Sole; ma anche qualcosa di più. La Terra, dice Apiano, può essere misurata e descritta in modo più accurato anche rispetto a quanto fece Tolomeo, grazie ad un nuovo modo di disegnare le carte basato sulla proiezione stereografica (di sua invenzione) e all'utilizzo di strumenti astronomici più accurati per determinare le coordinate geografiche, e qui

parla della balestriglia e di come deve essere usata. Era l'epoca delle prime grandi scoperte geografiche, con il vastissimo e ricchissimo continente americano pronto a cadere nelle avide e spietate mani dei *conquistadores*.

Clavio, il *novello Euclide* come veniva chiamato dai confratelli gesuiti, è anche l'autore di un trattato sull'astrolabio, *Astrolabium* (Roma 1593).

Infine, diamo alcuni cenni sul trattato di Paolo Giovanni Gallucci, *Della fabrica et uso di diversi stromenti di astronomia e cosmografia* (Venezia 1597), un'autentica miniera di informazioni sulla strumentazione astronomica pretelescopica e sui metodi per risolvere problemi anche complessi, quali la determinazione della latitudine e della longitudine geografica, come si incidono le scale angolari graduate, ecc.

3. Astronomia copernicana e l'osservazione telescopica

Una delle principali opere esposte è, ovviamente, il *De Revolutionibus Orbium Coelestium* di Copernico. Si tratta della seconda edizione di Basilea del 1566, uscita oltre vent'anni dopo *l'editio princeps*. Molto si è scritto su quest'opera e sul suo contenuto rivoluzionario, ma forse è poco noto il fatto che neppure Galileo studiò a fondo le parti più tecniche di questo difficilissimo trattato che, come scriveva l'astronomo polacco, riprendeva e sviluppava l'astronomia eliocentrica di Aristarco, dimenticata per oltre 1500 anni.

Spesso si legge che la matematica del *De revolutionibus* consentì la compilazione delle tavole numeriche che miglioravano la precisione delle effemeridi planetarie, superando ampiamente quelle tolemaiche. Questa asserzione è stata esaminata dall'autore di queste note che ha pazientemente confrontato tra loro alcune effemeridi della seconda metà del Cinquecento, ricavate dalle tavole tolemaico-alfonsine e da quelle copernicane (le tavole pruteniche di Erasmus Reinhold, pubblicate nel 1553). La conclusione di questa analisi è stata che gli errori nelle posizioni planetarie dei due tipi di tavole erano dello stesso ordine di grandezza. Anzi, con una certa meraviglia, è emerso il fatto che almeno una effemeride tolemaica risulta migliore di quelle copernicane (si vedano gli articoli alle pagine: www.crabnebula.it/rc/precisione_effemeridi.htm,

e: www.crabnebula.it/rc/effemeridi_astronomico_astrologiche.htm).

Questo risultato si spiega facilmente se si considerano due determinanti fattori. Il primo è che tutti i valori numerici riguardanti le orbite planetarie e adottati da Copernico, sono assai grossolani. D'altra parte non ci si poteva attendere nulla di meglio per il semplice motivo che le osservazioni utilizzate nei suoi calcoli erano vecchie anche di mille e più anni. Inoltre, le 27 osservazioni note che egli fece nel corso della sua vita, e che dice di aver utilizzato nel *De Revolutionibus*, erano state ottenute con strumenti di legno, traballanti e imprecisi, come il *triquetrum* o la *balestriglia*. Il

secondo motivo è che la combinazione di cerchi ed epicicli del sistema planetario copernicano era equivalente, dal punto di vista matematico, a quello tolemaico. Sperare di ottenere effemeridi più precise seguendo la teoria copernicana era quindi una pura illusione.

Un miglioramento sostanziale nella predizione delle posizioni planetarie si ebbe solo dopo la pubblicazione delle *Tabulae Rudolphine* di Keplero (1629), che si basavano sul sistema eliocentrico ma adottavano anche le orbite ellittiche che lo stesso astronomo imperiale aveva faticosamente ricavato, in particolare nel caso di Marte, ed aveva descritto in uno dei suoi capolavori, l'*Astronomia Nova* (1609). E' in quest'opera che vengono formulate le prime due leggi del moto planetario (la terza fu trovata nel 1619). Inoltre, Keplero raggiunse questi straordinari risultati perché poté disporre, in esclusiva, delle accuratissime osservazioni planetarie di Tycho Brahe.

L'opera attorno alla quale ruota l'intera mostra è, ovviamente, il *Sidereus Nuncius* di Galileo Galilei, che insieme al *De Revolutionibus*, all'*Astronomia Nova* ed ai *Principia* di Newton, è giustamente considerata una pietra miliare della Rivoluzione scientifica. L'edizione in possesso della Mozzi-Borgetti è assai rara e pregiata, si tratta infatti di quella londinese dello stampatore Jacob Flesher (1653), pubblicata insieme alla *Institutio astronomica* di Gassendi e la *Dioptrice* di Keplero.

La storia che ha portato alla pubblicazione del *Sidereus Nuncius* è affascinante, vale quindi la pena riassumerla brevemente. Nella seconda metà del 1609 Galileo lavora al cannocchiale, uno strumento ottico che arriva dai Paesi Bassi. Intuisce che il “cannone” potrebbe essere determinante per la sua carriera e per la sua posizione economica. Vi si dedica con un accanimento ed una perseveranza assolutamente sbalorditivi (in una lettera ad un suo corrispondente dichiara di aver strenuamente lavorato, in quei pochi mesi, decine e decine di lenti, conservando solamente le quattro o cinque migliori). Arriva a perfezionare lo strumento e, finalmente, lo rivolge al cielo. La fretta è giustificata dal fatto che teme di essere preceduto nella scoperta di quelle “novità celesti” che, ne è certo, sono alla portata del suo eccellente cannocchiale.

E' vero che in quei mesi alcuni tra i più spregiudicati “filosofi naturali” d'Europa rivolgono il cannocchiale verso il cielo, ma è altrettanto vero che nessuno di essi accetta incondizionatamente il responso fornito dallo strumento, spesso considerato alla stregua di una semplice curiosità, come le tante che il noto “stregone” napoletano Giovanni Battista della Porta, ha disseminato nella sua favolosa *Magia Naturale*.

Ma il genio si manifesta, anche e soprattutto, nella fantastica capacità di saper spiccare, in perfetta solitudine, un salto intellettuale e psicologico di una portata vertiginosa.

Nel corso di 45 notti serene di un freddo e brumoso inverno padano, durante le quali Galileo, con l'occhio incollato al cannocchiale, scruta sbalordito la volta stellata, l'intero castello dell'astronomia

e della cosmologia aristotelico-tolemaica, dopo un lungo dominio durato quasi 1500 anni, crolla rovinosamente.

Il 12 marzo 1610 esce a Venezia il *Sidereus Nuncius*, nel quale Galileo annuncia, in un latino asciutto e misurato, che la sfera celeste, vista attraverso il suo potente “cannone”, è assai diversa da quella percepita dagli occhi degli antichi e così indegnamente assecondata dai suoi sprovveduti contemporanei. La Luna non è formata da una sostanza eterea, ma ha montagne ed enormi crateri; Giove ha quattro satelliti; la Via Lattea è tutta un pullulare di stelle. E prende inaspettatamente corpo l’immagine di un sistema del mondo eliocentrico, esattamente quello che un oscuro prete polacco, tre quarti di secolo prima, ha ripreso, riformulandole, vecchie idee di ormai dimenticati filosofi greci. Per Galileo, lungi dall’essere un semplice modello matematico utile per i calcoli astronomici, la centralità di un Sole circondato da pianeti orbitanti, acquisisce, di colpo, conferma e indubbia attendibilità.

Siccome nell’edizione del 1653 del *Sidereus* è acclusa anche la *Dioptrice* di Keplero, diamo nel seguito alcune informazioni anche su quest’opera.

Alla fine del 1610, Keplero così scrive a Galileo: “Ti rendo noto che nel passato mese di agosto e settembre ho scritto la *Dioptrice*, che consta di 149 proposizioni e assiomi promiscuamente numerati. L’ho consegnata all’Elettore di Colonia. Il lavoro per definire le cause è stato forte, ma non minore tuttavia è stato il piacere di trovarlo di quello che puoi aver provato tu nello scoprire i Pianeti medicei o la figura di Saturno”. Da tutti i punti di vista la *Dioptrice*, pubblicata ad Augsburgo nel marzo 1611, 12 mesi dopo il *Sidereus*, è la vera risposta di Keplero al libretto galileiano e ne conferma i contenuti osservativi attraverso una compiuta teoria matematica del cannocchiale. La *Dioptrice* trasforma i fenomeni osservati con il cannocchiale da pura e semplice “magia naturale” in dati scientifici oggettivamente verificabili.

Anche lo stile, asciutto ed essenziale, mostra quanto sia stata ampia l’influenza esercitata da Galileo su Keplero. In effetti, non solamente non vi si trovano quei tratti autobiografici, le confidenze personali e neppure le solite disquisizioni metafisiche che costellano le opere precedenti bensì, ogni enunciato è rigorosamente presentato e dimostrato con una concisione sorprendente.

La lunghissima prefazione è considerata uno dei più notevoli testi di storia e di filosofia della scienza mai scritti. Nella prima parte troviamo un’ampia discussione sul ruolo dell’ottica nella scienza. Dopo aver demolito le basi del meccanismo della visione secondo gli antichi e aver confermato ciò che egli stesso aveva costruito nella sua precedente opera di ottica, i *Paralipomena* del 1604, nella seconda parte sono trattati i più recenti e spettacolari sviluppi dell’astronomia conseguenti alla pubblicazione del *Sidereus Nuncius* e dei motivi che lo hanno indotto ad elaborare una teoria del cannocchiale. L’opera è articolata in 11 commentari e in 12 parti; nella prima parte

Kepler tratta della rifrazione (la cui legge generale non era però ancora nota) e formula un assioma importante (*Dioptrice*, p. 3, assioma VII) che suona così: “le rifrazioni del vetro sono proporzionali sensibilmente alle inclinazioni fino a 30°”.

Nella seconda parte troviamo la definizione fondamentale di *punto radiante*, il punto da cui escono i raggi luminosi sotto forma di cono che ha per base la pupilla dell’occhio. Definisce poi l’ottica delle lenti concave e convesse e del fuoco dei raggi che arrivano parallelamente all’asse sopra una lente piano convessa. Una delle dimostrazioni chiave della *Dioptrice* riguarda la spiegazione kepleriana del funzionamento del cristallino dell’occhio, della miopia e della presbiopia, nonché l’azione delle lenti correttive usate come occhiali. Lo studio delle lenti convesse e delle loro combinazioni gli consente di definire la struttura del cannocchiale a oculare convesso, oggi noto con i nomi di *cannocchiale kepleriano o astronomico*.

Ne accenna però in un’unica proposizione, la 86, per poi passare subito allo studio della proiezione di figure su schermi con due lenti convesse. Nelle pagine successive fornisce la teoria ottica completa del cannocchiale galileiano, che era poi l’obiettivo primario di questo suo lavoro.

La *Dioptrice* è un’opera di straordinaria importanza sia perché in essa è formulata una teoria ottica molto moderna, sia per le puntuali considerazioni sui meccanismi della visione. Nonostante i suoi aspetti autenticamente rivoluzionari ed avanzatissimi, essa non sembra però aver inciso in modo profondo sulle conoscenze ottiche dei suoi contemporanei. Lo stesso cannocchiale kepleriano, tecnicamente molto più avanzato di quello galileiano, allora dominante, è trattato solamente di sfuggita in due pagine ed è supportato da due schemi grafici assai esplicativi, senza per altro stimolare neppure lo stesso Kepler a costruirne un esemplare funzionante. Questo cannocchiale diventerà di uso comune solamente un trentennio dopo la pubblicazione della *Dioptrice*.

4. I testi di magia naturale che hanno influenzato la Rivoluzione scientifica

Diamo ora, in chiusura di queste note, alcune informazioni su tre opere in mostra, niente affatto “scientifiche”, la cui influenza non è però trascurabile se si vuol raccontare un’attendibile storia della Rivoluzione scientifica.

Oggi il nome del mago napoletano Giovanni Battista della Porta è pressoché sconosciuto ai più. Nella seconda metà del Cinquecento, invece, correva sulla bocca di tutti ed era una delle personalità più acclamate d’Europa. A renderlo famoso, ancora giovanissimo, era stata la pubblicazione di una sorta di trattato di magia “bianca”, dal titolo esplicativo: *Magia Naturalis* del 1558, apparsa in latino ma che fu tradotta in tutte le lingue europee fino alla metà del Settecento. La *Magia Naturale* è una raccolta di fatti curiosi, ricette di ogni tipo, scritta in un tipico stile ermetico.

Sono presenti quasi tutti gli aspetti della magia rinascimentale: ricette magiche, mitologia,

medicina popolare, alchimia, astrologia, cosmologia, veleni, medicine, cambiamenti chimici dei metalli, distillazione, colorazione del vetro, proprietà magnetiche, cosmetici, polvere da sparo, crittografia. Nell'edizione del 1589, della Porta aggiunge un "libro", il 17°, che contiene esperienze curiose di ottica con specchi e lenti. E' qui che troviamo le prime indicazioni sull'uso *effettivo* delle lenti per ingrandire e proiettare immagini. In una lettera che precede la pubblicazione dell'edizione del 1589 della *Magia Naturale*, egli parlava dell'arte di "fare occhiali che possono raffigurare un uomo alcune miglia lontano". Nel libro XVII, cap. 10 dell'opera, ecco un titolo che desta subito la nostra attenzione: "Per mezzo di una lente di cristallo, vedere vicinissimi gli oggetti lontani". E subito dopo: "le lenti concave fanno vedere in modo chiaro le cose lontane; le lenti convesse quelle vicine; ... con la lente concava vedi lontano le cose piccole..." Nella *Magia Naturale* non c'è la descrizione del cannocchiale, in compenso, per la prima volta troviamo descritte le lenti per la correzione dei difetti visivi. Per arrivare al cannocchiale basterebbe accoppiare due lenti con caratteristiche diverse, così come suggeriva Fracastoro nella sua *Homocentrica*.

Gli scritti del Della Porta, inevitabilmente permeati di idee aristoteliche errate, evidenziano due fatti. Il primo, che i componenti di base del cannocchiale erano, da tempo, ben conosciuti (lenti di ogni forma e le relative combinazioni per formare immagini) assieme agli effetti ottici da essi prodotti, e ciò dimostrava che l'invenzione era tecnicamente a portata di mano.

Il secondo, pone l'accento sulla drammatica ignoranza del Della Porta e di quasi tutti i suoi contemporanei, delle indispensabili nozioni ottiche necessarie per compiere l'ultimo consapevole passo in direzione della scoperta del cannocchiale. L'edizione, in mostra, della *Magia Naturalis* è quella latina di Francoforte del 1607.

Infine diamo qualche cenno a due opere di William Gilbert in mostra. La prima è il famosissimo *De Magnete* (Londra 1600). Come ha rilevato Paolo Rossi, "La scienza di Gilbert non ha nulla a che fare né con la matematica e i suoi metodi né con la meccanica in senso galileiano". Questi sono i motivi che hanno fatto dire ad alcuni che questa sia l'ultima opera di magia naturale del Rinascimento, mentre altri ritengono che si tratti di una delle prime opere della moderna scienza sperimentale. Il *De magnete* non è però classificabile: non contiene misurazioni e gli esperimenti che conduce sono esclusivamente qualitativi e la sua concezione è vitalistica e magica. L'attrazione magnetica è una forza spirituale che è in ogni globo, il Sole, la Luna, le stelle. Per Gilbert la calamita possiede un'anima che è addirittura superiore a quella di un uomo.

La seconda opera di Gilbert, *De mundo nostro sublunari*, uscì postuma nel 1651 e segue la stessa via tracciata dal *De Magnete*, con un'ampia trattazione nello stesso stile mistico e magico. Viene ricordata per l'interessante disegno del disco lunare ad occhio nudo.