

FISICA E UNIVERSO

Per lungo tempo, dalle origini dell'astronomia fino ai tempi di Copernico (1473-1543), la Terra fu ritenuta il centro dell'universo, che ruotava intorno ad essa. Eudosso di Cnido (ca. 406-355 a.C.), Ipparco di Nicea, e soprattutto Tolomeo, vissuto nel II secolo d. C., codificarono questa concezione.

Eudosso, per dare ragione del moto irregolare dei pianeti, elaborò una complessa teoria, detta delle sfere omocentriche, secondo la quale la Terra sta al centro di un sistema di 27 sfere dotate di moti di rotazione differenti attorno alla Terra stessa.

Ipparco riprese la teoria di Eudosso, e scoprì e interpretò il fenomeno della precessione degli equinozi.

Tolomeo (90-168 d.C.) ha il pregio di aver compilato un completo ed accurato riassunto delle conoscenze astronomiche dell'antichità, pur senza avervi portato contributi innovativi.



Tolomeo (90-168d.C.)

Secondo la teoria geocentrica codificata da Tolomeo, i corpi celesti ruotano intorno alla Terra muovendosi secondo orbite fisse circolari, percorse a velocità differenti ma costanti dai diversi pianeti, dalla Luna, dal Sole e dalle stelle fisse: queste ultime costituiscono l'ottavo cielo. Nel cosiddetto sistema Tolemaico tutti i corpi celesti compiono ogni giorno una rivoluzione completa attorno alla Terra; il Sole peraltro resta un po' indietro rispetto agli altri astri, spostandosi ogni anno un po' più a oriente. Alcuni pianeti si spostano anch'essi più a oriente con velocità diverse, mentre – occasionalmente ma non imprevedibilmente – Marte, Giove e Saturno si spostano verso occidente.

Questo sistema, per quanto estremamente complicato – doveva far ricorso, per spiegare le anomalie riscontrate nel descrivere il moto dei pianeti, agli epicicli, ai deferenti, agli equanti, agli eccentrici – riusciva però a rappresentare e ad interpretare i moti del Sole, della Luna e dei pianeti in modo soddisfacente, tanto da consentire persino, per esempio, la predizione delle eclissi.

Bisogna però dire che anche nell'antichità ci furono sostenitori di teorie eliocentriche dell'universo. Basti ricordare Filolao di Crotone, un filosofo pitagorico vissuto tra il 470 ed il 405 a.C., il quale, spinto dall'esigenza astronomica di spiegare le eclissi, e da quella mistico-pitagorica di assegnare al numero uno, simbolo del fuoco, il posto centrale dell'universo, sostenne che la Terra era un pianeta eccentrico e mobile al pari di tutti gli altri pianeti.

Anche Aristarco di Samo, vissuto tra il 310 ed il 230 a.C., riteneva che la Terra si trovasse tra Venere e Marte, percorresse in un anno un'orbita completa intorno al Sole, e ruotasse su se stessa in un giorno; inoltre, il cielo delle stelle fisse doveva trovarsi a distanza infinita dal Sole.

Queste teorie non ebbero però seguito, e fino al Rinascimento la teoria geocentrica – forse anche perché sostenuta da Aristotele – fu accettata e sostenuta da tutti gli scienziati.

Fu solo con Copernico (1473-1543) che la teoria eliocentrica tornò ad essere presa in considerazione, non tanto perché egli avesse trovato nuove e convincenti prove a suo favore, ma perché – fedele allo spirito rinascimentale – era convinto che quello eliocentrico fosse il vero sistema noto agli antichi (Aristarco, appunto), e che – essendo gli antichi più prossimi all'età dell'oro – dovesse per ciò stesso essere quello corretto.



Nicolò Copernico (1473-1543)

Nel "De revolutionibus orbium coelestium" Copernico sostiene che il Sole è il centro del sistema, intorno al Sole ruotano, su orbite circolari, tutti i pianeti: in questo modo i vari fenomeni astronomici possono essere spiegati più facilmente, secondo relazioni matematiche più semplici che nel sistema tolemaico. In questa opera, Copernico espone il fondamentale concetto della relatività dei movimenti, secondo il quale ogni apparenza di moto è dovuta tanto al moto dell'oggetto osservato, quanto a quello dell'osservatore, e mostra che un universo incentrato sul Sole è matematicamente molto razionale. Ma anche l'ipotesi di orbite circolari non è soddisfacente, e non può dare conto preciso di tutti i fenomeni riscontrati nel moto dei corpi celesti, quale ci appare.

Per cercare di ovviare a queste incongruenze del sistema copernicano, l'astronomo danese Tycho Brahe (1546-1601) escogitò un sistema secondo il quale la Terra è ancora al centro dell'universo, ed attorno ad essa ruotano il Sole e la Luna, ma gli altri pianeti ruotano intorno al Sole.



Tycho Brahe (1546-1601)



Il sistema solare secondo Tycho Brahe. La Luna e il Sole ruotano attorno alla Terra. I pianeti ruotano intorno al Sole.

Anche questo compromesso tra la teoria tolemaica e quella copernicana mostrava i suoi limiti nel descrivere accuratamente i vari fenomeni celesti: fu solo con Keplero (1571-1530) e con le sue tre leggi sul moto dei corpi celesti che il problema della corretta descrizione del cosmo (sistema solare) trovò la sua soluzione definitiva.



Giovanni Keplero (1571-1630)

Le leggi di Keplero affermano:

- ogni pianeta ruota attorno al Sole seguendo una traiettoria ellettica; il Sole sta in uno dei fuochi dell'ellisse
- in ogni orbita, le aree descritte dal raggio vettore in tempi uguali sono uguali
- i rapporti tra i quadrati dei tempi impiegati da ciascun pianeta a percorrere la sua orbita, e i cubi delle loro distanze dal Sole, sono uguali per tutti i pianeti.

Tutto ciò implica almeno due aspetti che ripugnavano alla mentalità degli uomini del tempo, che ritenevano incorruttibile la materia celeste e "perfetti" i suoi movimenti, in quanto direttamente riconducibili alla Creazione: le orbite dei pianeti non sono circolari (il moto circolare uniforme era, appunto, ritenuto perfetto), la loro velocità non è costante. Infatti, la prima legge implica che la distanza dei pianeti dal Sole non sia costante, mentre la seconda legge richiede che quando il pianeta è più vicino al Sole, la sua velocità aumenti.

Con Galileo Galilei (1564-1642) si ha la "verifica sperimentale" della teoria eliocentrica. Infatti, con l'aiuto del cannocchiale da lui messo a punto nel 1609, Galileo scoprì i quattro maggiori satelliti di Giove, individuando per la prima volta il moto di oggetti celesti non orbitanti intorno alla Terra, e riuscì a descrivere le fasi del pianeta Venere, indice inconfutabile del suo moto di rotazione intorno al Sole.



Galileo Galilei (1564-1642)

Per le scoperte nel campo dell'astronomia (il cannocchiale, i satelliti di Giove, le fasi di Venere, le macchie solari, ecc.), e per gli importantissimi risultati conseguiti nel campo della meccanica, della fisica, della dinamica (le leggi della caduta dei gravi, l'isocronismo delle oscillazioni del pendolo, gli studi sulla resistenza dei corpi, la determinazione delle caratteristiche del moto dei proiettili, ecc.), Galileo è senz'altro uno degli studiosi che più hanno contribuito allo sviluppo della scienza.

Ma è per la metodologia adottata nelle sue ricerche che Galileo deve essere considerato il vero iniziatore della scienza sperimentale moderna: egli fu infatti il primo a sostenere la necessità di usare nell'indagine scientifica il metodo matematico, dando valore solo all'esperienza come osservazione precisa dei fatti, dalla quale – attraverso il ragionamento, cioè tramite un processo di astrazione e di semplificazione del dato sensibile, processo sostenuto e verificato dal calcolo matematico – si arriva alla formulazione di ipotesi da controllare e verificare per mezzo di esperimenti. Solo in questo modo l'ipotesi acquista una sua certezza intrinseca e la teoria un suo valore di verità, che prescinde da qualsiasi considerazione a priori e la supera, se l'esperienza non la comprova.

Assai significativi a questo proposito sono i seguenti tre famosi brani tratti dal "Saggiatore", pubblicato nel 1623, notevoli anche per la loro arguzia:

Io non posso non ritornare a meravigliarmi, che pur (si) voglia persistere a provarmi per via di testimonii quello ch'io posso ad ogn'ora veder per via d'esperienza.



Interno del Duomo di Pisa dove si dice che Galileo abbia scoperto l'isocronismo delle oscillazioni del pendolo.

... più dico, che anco nelle conclusioni delle quali non si potesse venire in cognizione se non per via di discorso, poca più stima farei dell'attestazioni di molti che di quella di pochi, essendo sicuro che il numero di quelli che nelle cose difficili discorron bene, è minore assai di quei che discorron male.



La cattedra di Galileo all'Università di Padova.

Se (si) vuole ch'io creda a Suida che i Babilonii cocesser l'uova col girarle velocemente nella fionda, io lo crederò; ma dirò bene, la cagione di tal effetto esser lontanissima da quella che gli viene attribuita, e per trovar la vera io discorrerò così: "Se a noi non succede un effetto che ad altri altra volta è riuscito, è necessario che noi nel nostro operare manchiamo di quello che fu causa della riuscita d'esso effetto, e che non mancando a noi altro che una cosa sola, questa sola cosa sia la vera causa: ora, a noi non mancano uova, né fionde, né uomini robusti che le girino, e pur non si cuocono, anzi, se fosser calde, si raffreddano più presto; e perché non ci

manca altro che l'esser di Babilonia, adunque l'esser Babiloni è causa dell'indurirsi l'uova, e non l'attrizion dell'aria".



Serie di quattro francobolli emessi il 28 settembre 1942 per il terzo centenario della morte di Galileo [10c: Galileo a Padova (1592-1610); 25c: Galileo a Venezia (1609); 50c: Galileo Galilei (1564-1642); £1,25: Galileo a Arcetri (1633-1642).

Con le tre leggi di Keplero, e con la verifica sperimentale effettuata da Galileo, la cosmologia moderna era fondata su basi sicure, ancorchè fossero ignoti i "motivi" del comportamento dei pianeti nelle loro rivoluzioni.

Sarà Newton (1642-1727) – grazie alla sua teoria della gravitazione universale – a fondere la geometria di Keplero con la meccanica di Galileo, fondando la meccanica celeste che spiega le cause ed i motivi per cui i corpi celesti, rispettando le leggi del moto dei gravi enunciate da Galileo, compiono i movimenti di cui Keplero aveva individuato le caratteristiche geometriche e le più importanti relazioni.



Isaac Newton (1642-1727)

From the origins of the science of Astronomy up to the late Renaissance, the Earth has been considered the centre of the Universe, which rotated around it.

Eudoxos of Knydos (406-355 B.C.), Hipparchos of Nikaia and especially Ptolemy, in the 2nd century A.D., described this theory and made it popular for centuries.

To account for some irregularities in the movements of the planets, Eudoxos conceived a very elaborated theory, according to which the Earth lies in the centre of a system of 27 spheres (called "omocentrical") rotating at different speeds and with different characteristics around the Earth itself.

Hipparchos, following Eudoxos' theories discovered and gave an interpretation of the phenomenon of the precession of the equinoxes.

Without any innovating contributions, Ptolemy (90-168 A.D.) compiled an accurate and precise description of the knowledge of his times about astronomy.

According to Ptolemy's geocentric theory, all the heavenly bodies (the different planets, the Moon, the Sun and the fixed stars) rotate around the Earth, along circular orbits at different but constant speeds. It follows that they describe every day a complete orbit around the Earth. The Sun, however, remains a little behind the other bodies, slightly shifting to the east every year. Some planets too shift eastwards at different speeds, while Mars, Jupiter and Saturn shift westwards, now and then but not unpredictably.

This very complicated system used the epicycles, the deferents, the equants, the eccentrics, etc. to explain the anomalies in the planet motions; but it was able to represent and interpret the movements of the Sun, of the Moon and of the planets in a rather satisfactory way, so as to allow – for example – the forecast of the eclipses.

However, in the past too, some scientists thought that the Earth rotated around the Sun. One of them was Philolaos of Kroton (470-405 B.C.), a Pythagorean philosopher who, in order to explain the occurrence of the eclipses and to assign the central place of the Universe to the number one, symbolizing the fire, said that the Earth is an eccentric planet, whose movement is similar to the one of the other planets around the Sun.

Also Aristarchos of Samos (310-230 B.C.) believed that the Earth is a planet which lies between Venus and Mars, describes a complete orbit around the Sun every year and rotates around itself in one day; moreover, the heaven of the fixed stars is at an infinite distance from the Sun.

These theories, however, did not find supporters; the theory which makes the Earth the centre of the Universe - probably because it was supported also by Aristotle - was accepted and followed by all the scholars for about two thousand years.

Only in the sixteenth century A.D. the heliocentric theory started to be supported again. Copernicus (1473-1543), although he had not found new and convincing data supporting this theory, believed that it was the only correct interpretation of the Universe.

In his work "De revolutionibus orbium coelestium" ("About the revolutions of the heavenly bodies") he affirms that the Sun is the centre of the system, and that all the planets rotate around it, following circular orbits. In this way, he was allowed to explain the different astronomical phenomena more easily, according to mathematical relationships simpler than the ones of the Ptolemy system.

In his work, Copernicus exposes the fundamental concept of the relativity of the movement, according to which every appearance of motion is produced equally by the movement of the observed object, as well as by the movement of the observer with respect to a fixed object. Moreover, he shows that a Universe where the Sun is the centre, is very rational from a mathematical point of view.

However, the hypothesis of circular orbits is not satisfactory and cannot account in a precise way for all the phenomena that the movements of the heavenly bodies show.

In order to remove the incongruities of the Copernican system, the Danish astronomer Tycho Brahe (1546-1601) devised a hybrid system according to which the Earth is still in the centre of the Universe, and the Sun and the Moon rotate around it, whereas the other planets rotate around the Sun. However, even this compromise between the Ptolemy and the Copernicus theories was not satisfactory.

The correct solution of this problem was found by Kepler (1571-1601), through his three most famous laws:

- every planet (the Earth included) rotates around the Sun following elliptic orbits; the Sun is placed in one of the focuses of the ellipse,
- in every orbit, the areas described by the radius vector in equal intervals of time are equal,
- the ratios among the squares of the time in which the planets describe their orbits and the cubes of their distances from the Sun are equal for all the planets.

The above laws include at least two concepts which were in strong contrast with the beliefs of the men of those times, who thought that the heavenly bodies were incorruptible and their movements were "perfect", since they were directly linked to the Creation: a) the orbits of the planets are not circular (the uniform circular motion was considered perfect), and b) the velocity of the planets is not constant.

According to the first law, in effect, the distance of a planet from the Sun is variable; according to the second law, its speed increases when the planet is close to the Sun.

Galileo Galilei (1564-1642) performed the "experimental verification" of the heliocentric theory. In 1609 he discovered with his telescope the revolutions of the four main satellites of Jupiter, thus verifying for the first time the motion of heavenly bodies whose orbits were not around the Earth; later he described the phases of Venus: this was the irrefutable evidence of its rotation around the Sun.

Galileo greatly contributed to the development of science with his discoveries in astronomy (the telescope, the satellites of Jupiter, the phases of Venus, the solar spots, etc.), and the extraordinarily important results achieved in mechanics, physics, dynamics (the laws of the fall of bodies, the studies on the strength of materials, on the trajectory of bullets, the discovery of the isochrony of the pendulum oscillations, etc.). But it is for the methodology he adopted in his research that he has to be considered the true founder of modern experimental science. In fact, he was the first to assert that it was necessary the use of the mathematical method in the scientific research, where only experience, that is the accurate observation of facts, is important. A process of abstraction and simplification of experimental data has to be applied to experience. It is through this process, supported and tested by mathematical calculus, that we can advance some hypotheses on the interpretation of the observations, which have to be confirmed by experiments. Only in this way the hypotheses become intrinsically reliable, and

theory can be considered "true". All "a priori" considerations, if not confirmed by experience, have to be disregarded.

The three following passages from "Il Saggiatore", published in 1623, clearly illustrate, in a keen and witty way, Galileo's thought:

"I still wonder why people insist on trying to convince me to accept the other's witness about things that I am able to test at any time".

"... moreover, I affirm that, even when a conclusion cannot be drawn but on the basis of what has been only discussed, I would rather agree on what has been accepted by a small number of people than by a large one, since I am sure that – dealing with difficult subjects – those who are right are much fewer than those who are wrong".

"If you want me to believe what Suida says, that the Babylonians used to cook eggs by whirling them very fast in a sling, well, I'll believe it. However, I affirm that the real cause of this effect is very different from the one Suida assumes. In order to find out the true cause of this phenomenon, I will argue as follows. If we are not successful in obtaining a result which somebody else has obtained, this means that we lack what caused it. Moreover, if we lack only a single thing, this single thing is the cause of our unsuccessful attempts. Now, we don't lack eggs, nor slings, nor strong men to whirl them: however, the eggs don't cook: on the contrary, should the eggs be warm, they would cool. Since the only difference is that we are not Babylonian, I affirm that to be Babylonian is the only reason of the hardening of the eggs, not the air friction".

After Kepler's three laws and Galileo's experimental validation, the modern cosmology was firmly established, but the "reasons" of the movements of the heavenly bodies were still unknown.

Only about a century later, Newton (1642-1727), with his theory on universal gravitation, combined Kepler's geometry with Galileo's mechanics; he explained how heavenly bodies, respecting the laws of motion established by Galileo, perform the movements whose characteristics and most important features had been discovered by Kepler.

OPERE ESPOSTE

1. Aristotele, *Physica*, [Colonia, Heinrich Quentel, 1495] (Inc. 3, 92).

Note marginali di mano cinquecentesca.

In questa opera Aristotele tratta del movimento e di ciò che ne deriva: spazio, tempo, vuoto, infinito. Il movimento è originato da un motore immobile, Dio, vertice dell'Universo e perfezione assoluta. La natura, regno del movimento, è una sfera perfetta al cui centro sta la Terra, immobile, costituita dai quattro elementi: aria, acqua, terra e fuoco. Le ruotano intorno le sette sfere dei pianeti; oltre c'è l'ottavo cielo, quello delle stelle fisse.

Aristotle, Physics.

In this work, Aristotle deals with the movement and its consequences, that is: space, time, void and infinity. Movement finds its origin in a motionless motor, God, vertex of the Universe, and absolute perfection. Nature, reign of the motion, is a perfect sphere, at the centre of which there lies the Earth, motionless, made by the four elements: air, water, earth and fire. The seven heavens of the planets rotate around it; the eighth heaven of the fixed stars is beyond them.

2. Aristotele, *Libri de coelo et mundo*, Venezia, Lucantonio Giunta, 1543 (Cinq. 6, 978).

L'opera è appartenuta anticamente al medico e fisico Benedetto de Basellis di San Pellegrino, di cui si vede la nota di possesso alla prima carta di guardia.

In quest'opera Aristotele riassume tutte le conoscenze scientifiche dell'antichità sull'astronomia. Aristotele accetta il sistema di Eudosso delle sfere omocentriche, secondo il quale il cielo è dotato di movimento circolare, perfetto ed eterno; al centro sta la Terra, immobile, che ha una circonferenza di 400000 stadi (questa misura è superiore di oltre il 50% a quella reale). Intorno alla Terra si muovono le sfere omocentriche, che sono materiali, ruotano da est a ovest, la velocità di rotazione è tanto maggiore quanto più distano dalla Terra.

Aristotle, Books about heavens and world.

In this book Aristotle deals with the whole astronomy scientific knowledge in his times. Aristotle accepts Eudoxos' omocentric spheres system, according to which heaven is provided with a circular movement, perfect and everlasting. The Earth – the circumference of which is 400,000 stadiums long (about 62,000 km; the actual length is 40,000 km) – is still in the center of the Universe, which is a system of material spheres all having the same centre (thus called omocentric), which rotate from east to west with a movement faster and faster with their distance from the Earth.

3. Aristarco di Samo, *De magnitudinibus et distantibus solis et lunae*, Pesaro, Camillo Franceschini, 1572 (Cinq. 3, 1231).

L'opera qui esposta, il solo libro di Aristarco giunto fino a noi, non parla di ipotesi sulla conformazione dell'universo, ma soltanto delle dimensioni e della distanza del sole e della luna. Il fatto che Aristarco sia stato definito il Copernico dell'antichità, in quanto sostenitore della teoria eliocentrica del sistema solare, deriva da citazioni a lui posteriori di altre sue opere: la fonte principale è Archimede, che dice appunto che Aristarco suppose che le stelle, e con esse il Sole, siano immobili, e che la Terra giri intorno al Sole descrivendo una circonferenza.

Aristarchos of Samos, About the sizes and distances of the Sun and the Moon.

This book is the only work by Aristarchos we have; it does not deal with the theories of the Universe, but simply with the sizes and the distances of the Sun and the Moon. The fact that Aristarchos is considered the Copernicus of the ancient times – because he supported the heliocentric theory – is based on other authors' books, the main source being Archimedes who said that Aristarchos believed that the stars, hence the Sun, do not move and the Earth runs around the Sun describing a circular orbit.

4. Tolomeo, *Almagestum*, Venezia, Pietro Liechtenstein, 1515 (Cinq. 6, 744).

È una delle opere principali del grande astronomo del II secolo d. C., che raccolse e coordinò nelle sue opere tutte le cognizioni astronomiche del suo tempo. L'Almagesto, dall'arabo al = il e dal greco mégistos = grandissimo, è una dettagliata descrizione del sistema geocentrico, che fu appunto detto tolemaico.

Ptolemy, Almagestum.

This is one of the major works by the most famous astronomer of the 2nd century A.D. In his books, he gathered and organised the whole knowledge of his times as far as astronomy is concerned. Almagestum (from Arab al = the, and Greek mégistos = biggest) is a detailed description of the geocentric system, which was called Ptolemaic from him.

5. Tolomeo, *Della descrizione della sfera celeste*. Bologna, Alessandro Benaccio, 1572 (Cinq. 3, 1236).

Il libro contiene vari capitoli dedicati alla descrizione dei vari cerchi tracciati sulla sfera celeste ("Circolo del Meriggio, Circolo Equinoziale, Circolo dei due Tropici, Circolo dell'Eclittica", ecc.) e delle loro proprietà.

Ptolemy, About the description of the heavenly sphere.

The book contains several chapters describing the different Circles drawn on the heavenly sphere (such as the Afternoon Circle, the Equinoctial Circle, the two Tropics Circle, the Ecliptic Circle, etc.) and their relevant features and characteristics.

6. Tolomeo, *Io. de Montereio et Georgius Purbachius. Epitome in Ptolemaei magnam Compositionem. [Almagestum]*. Basilea, Heinrich Petri, 1543 (Cinq. 5, 592).

Si tratta di un compendio commentato dell'Almagesto di Tolomeo, con cui gli Autori – come dichiarano nel frontespizio – si prefiggono di rendere chiaro il contenuto del volume, che per la sua difficoltà è tale da spaventare anche un lettore istruito dotato di grande ingegno.

Ptolemy, Io. Regiomontanus and Gorge Purbach. Epitome of the great work by Ptolemy (Almagestum).

It is a commented summary of the Ptolemy's "Almagestum" . As the Authors declare in the title page, they intend to make clear the Ptolemy's original text, which, due to its difficulty, may frighten even a cultured reader of great intelligence.

7. Tommaso d'Aquino, *Super libros Aristotelis de caelo et mundo*, Pavia, Antonio Carcano, 1486 (Inc. 4, 218/1).

Interessante, nel commento del grande filosofo della Scolastica all'opera di Aristotele, il fatto che – a conoscenza del fenomeno della precessione degli equinozi, ignoto ad Aristotele – Tommaso faccia notare che ciò è in contrasto con l'affermazione di Aristotele riguardo alla sfera delle stelle fisse, e che quindi occorre supporre la presenza di una sfera più esterna, origine del primo moto, in grado di influenzare quello delle stelle fisse. *Saint Thomas, On the work by Aristotle dealing with heaven and world. It is of great interest in this comment on Aristotle's work by the great scholastic philosopher, that Thomas was aware of the precession of the equinoxes phenomenon, unknown to Aristotle. Thomas points out that this is in contrast with what Aristotle affirms about the heaven of the fixed stars. Therefore, it is necessary to suppose the existence of another more external sphere, origin of the first motion, which influences the motion of the fixed stars.*

8. Copernico Nicolò, *De revolutionibus orbium coelestium*, Basilea, Heinrich Petri, 1566. (Cinq. 6, 663).

Si tratta della seconda edizione dopo la princeps di Norimberga, 1543. L'esemplare reca al frontespizio una annotazione autografa dello stampatore Heinrich Petri, datata 6 novembre 1566, e una successiva (1571) nota di possesso di un cittadino di Basilea.

È il libro in cui Copernico espone la sua teoria eliocentrica. L'opera, pubblicata nel 1543, è dedicata al Papa Paolo III; fu messa all'indice nel 1616, perché la Chiesa vedeva in essa un pericoloso sovvertimento della tradizione, basata sul racconto biblico. Per quanto sostenesse la teoria eliocentrica, Copernico non abbandonò del tutto alcune idee del sistema tolemaico: riteneva infatti che i pianeti ruotassero intorno al Sole seguendo orbite circolari, secondo le leggi degli epicicli sostenute dai tolemaici.

Copernicus, About the revolutions of the heavenly bodies.

In this book, dedicated to the Pope Paul III, published in 1543, the author exposes the heliocentric theory. It has been put on the Index in 1616, since it was considered in contradiction with the Holy Bible. Although supporting the heliocentric theory, Copernicus did not abandon totally some of the concepts of the Ptolemaic theory, such as that the planets orbits are circular and follow epicycles laws.

9. Keplero Giovanni, *Dissertatio cum Nuncio Sidereo nuper ad mortales misso Galilaeo Galilaeo Mathematico Patavino*, Firenze, Giovanni Antonio Caneo, 1610 (Salone T 9 35 (8)).

Si tratta di un commento all'opera di Galileo Galilei, che viene esaminata capitolo per capitolo, scritto sotto forma di lettera indirizzata al "Nobili et Excellentissimo Domino Galilaeo Galilaeo Patricio Fiorentino, Professori

Matheseos in Gymnasio Patavino", che viene definito "Galilaeae prestantissime".

Kepler, Dissertation with Nuncio Sidereo just published by the mathematician Galileus Galilei from Padua.

It is a comment on Galileo's work , examined chapter by chapter. It is written in form of a letter addressed to the Noble and most Excellent Mister Galileo Galilei, Patrician of Florence, Mathematics Professor in the University of Padua, who is called "very illustrious Galileo".

10. Keplero Giovanni, *Astronomiae copernicanae usitata forma quaestionum et responsionum conscripta*, Francoforte, Giovanni Goffredo, 1635 (Sala 34 P 1 12).

Come dichiarato dall'Autore, il libro è una accurata spiegazione fisica del moto diurno della Terra e di tutta la dottrina Sferica spiegata con un metodo nuovo e più semplice, sotto forma di domande e risposte.

Kepler, The Copernican astronomy written in form of questions and answers.

As declared by the Author, the book is an accurate explanation of the motion of the Earth, and the whole Spherical doctrine, through a new and simpler method, in form of questions and answers.

11. Keplero Giovanni, *Harmonices mundi*, Linz, Goffredo Tampach, 1619 (Sala 34 K 8 7).

Si tratta della prima edizione di quest'opera.

L'opera è suddivisa in cinque libri e un'Appendice. Il primo libro ("Geometrico") tratta delle figure regolari che costituiscono proporzioni armoniche. Il secondo libro ("Architettonico") tratta della Geometria figurata; il terzo ("Armonico") delle proporzioni nella musica. Il quarto ("Metafisico, psicologico e astrologico"), dell'armonia dei raggi che scendono sulla Terra dai corpi celesti e dei loro effetti sulla Natura e l'Anima umana. Il quinto ("Astronomico e Metafisico") è dedicato all'armonia del moto dei corpi celesti e all'origine dell'Eccentricità dalle proporzioni armoniche. In quest'opera Keplero stabilisce la terza delle sue leggi sul moto dei pianeti.

Kepler, The harmony of the world.

This work is divided in five books and an Appendix. The first book ("Geometric") deals with the geometrical figures which make harmonic proportions. The second book is defined "Architectural", the third "Harmonic" and deals with Music. The fourth ("Metaphysic, psychological and astrologic") describes the harmony of the beams descending on Earth from the heavenly bodies, and their effects on human Nature and Soul. The fifth book ("Astronomic and Metaphysic") is dedicated to the harmony of the heavenly bodies movement and to the origin of

Eccentricity from the Harmonic proportions. Here Kepler establishes his third planets motion law.

It is the first edition of this book.

12. Brahe Tycho, *Astronomiae instauratae progymnasmata*, Praga, Excudi primum coepta Vraniburgi Daniae, absoluta Pragae Bohemiae, 1610 (Sala II loggia N 8 39 (2)).
Il volume qui esposto contiene solo l'opera dedicata alla nuova stella apparsa nel cielo nel 1572 (una supernova) con l'indicazione: "De nova Stella Anno 1572. exorta luculenter agit".
The book here exhibited contains only the work describing the new star which appeared in the sky in 1572.

13. Brahe Tycho, *Opera omnia*, Francoforte, Giovanni Goffredo, 1648 (Sala 34 E 7 32).
Il titolo completo dell'opera è "Opera omnia, sive Astronomiae instauratae progymnasmata in duas partes distributa, quorum prima de restitutione motuum Solis et Lunae, Stellarumque innerrantium tractat. Secunda autem de mundi aetherei recentioribus phaenomenis agit".

14. Galilei Galileo, *Dialogo ... sopra i due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano*, Firenze, Giovanni Battista Landini, 1632 (Sala 24 E 6 17).

Si tratta della rara prima edizione della più celebre opera di Galileo.

Il libro più noto di Galileo è un'opera di fisica e di astronomia di grande chiarificazione scientifica. Vi si trova una critica serrata delle teorie aristoteliche del moto, si descrive il moto della Terra e si enunciano le leggi della caduta dei gravi.

Galileo Galilei, Dialogue concerning the two greatest systems of the world, Ptolemaic and Copernican.

The best known work by Galileo deals with physics and astronomy, and describes the new scientific concepts in a very clear way. It contains a strict criticism of the Aristotelian theory of movement, and the description of the movement of the Earth, and the laws of the fall of bodies.

This is the rare first edition of the most celebrated work by Galilei.

15. Galilei Galileo, *Discorso al Serenissimo Don Cosimo II Granduca di Toscana intorno alle cose che stanno in su l'acqua e che in quella si muovono*. Firenze, Cosimo Giunti, 1612 (Sala 34 J 6 39).

È la prima edizione di quest'opera.

Il "Discorso" nasce dalla confutazione di Galileo delle opinioni di chi sosteneva che il ghiaccio è "condensazione" dell'acqua, mentre per Galileo è "acqua rarefatta", in quanto "il ghiaccio già fatto è più leggier dell'acqua, standosi a galla". Nel testo Galileo afferma: "alcuna volta mi diparto da Aristotele, non per capriccio ò per non aver letto ò inteso Aristotele, ma perché le ragioni non lo persuadono, e lo stesso Aristotele m'ha insegnato quietar l'intelletto à quello, che m'è persuaso dalla ragione, e non dalla sola autorità del maestro".

Galileo Galilei, Address to the most serene Cosimo the second, grand duke of Tuscany, concerning bodies standing on water and moving in it. This "Address" has its origin in Galileo's refutation of the opinion that ice is a "condensation" of water, whereas in the opinion of Galileo it is "rarefied water", since "ice is lighter than water, and for this reason it floats". In this book Galileo affirms: "Sometimes I do not agree with Aristotle, not owing to a whim of mine, or because I did not read or I did not understand him, but because his reasons do not convince me. On the other hand, Aristotle himself taught me that my mind will be quiet only when it is convinced by reason, not by teacher's authority".

It is the first edition of this book.

16. Galilei Galileo, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla Meccanica e i Movimenti locali*, Leida, Appresso gli Elsevirii, 1638 (Sala 34 G 3 21).

È la prima edizione di quest'opera. Dono alla Biblioteca dell'ing. Franco Valsecchi, 17 aprile 1882: nota di mano di Antonio Tiraboschi.

Quest'opera può essere considerata la più importante di Galileo dal punto di vista scientifico, in cui vengono fondate la scienza della resistenza dei materiali e la dinamica.

Gli argomenti di cui Galileo tratta in quest'opera sono, come risulta dall'indice:

"Scientia nova prima, intorno alla resistenza dei corpi solidi all'esser spezzati. Qual potesse essere la causa di tal coerenza.

Scientia nova altra de i movimenti locali, cioè dell'equabile, del naturalmente accelerato. Del violento, ovvero de i proietti".

Nell'Appendice sono contenute alcune proposizioni e dimostrazioni attinenti al centro di gravità dei solidi.

Galilei Galileo, Lectures and mathematical demonstrations concerning two new sciences relevant to Mechanics and local movements.

This can be considered the most important scientific work by Galileo, in

*which the science of resistance of materials and dynamics are founded. The subjects of this work, as results from the "Index", are:
"First new science, concerning the resistance of solid bodies to be broken. Which could be the cause of this strength.
Second new science, concerning local movements, that is uniform and naturally accelerated. About the violent movement, that is of the projectiles".
The Appendix includes some propositions and demonstrations concerning the centre of gravity of the solid bodies.*

This is the first edition of this book.

17. Galilei Galileo, *Le operazioni del compasso geometrico, e militare*, Padova, Paolo Frambotto, 1640. (Op. II 2037).
Alcuni argomenti trattati: "Divisione della linea. Diversi tipi di linee. Estrazione della radice cuba. Del quadrante per misurar con la vista. Come ogni solido parallelepipedo si possa col mezo delle linee stereometriche ridurre in cubo".
Galileo Galilei, The operations of the geometric and military compasses. Some of the subjects dealt with: Division of a line. Different types of lines. Calculation of the cubic root. About the quadrant to take measurements by sight. How every parallelepiped body can be reduced to a cube by means of stereometric lines.

18. Galilei Galileo, *Le operazioni del compasso geometrico, e militare*, Idem, Padova, Paolo Frambotto, 1649 (Salone T 9 35).

19. Newton Isaac, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londra, Società Regia, 1726 (Sala 34 E 7 11).

Il volume esposto è la prima edizione della più famosa opera di Newton.

L'opera, di cui la Meccanica e l'Astronomia costituiscono i due argomenti fondamentali, è divisa in tre libri. La trattazione delle leggi della Meccanica è svolta, con metodo deduttivo, nel primo libro. Vi vengono esposti anche i concetti fondamentali del calcolo infinitesimale. Il secondo libro ha per argomento la meccanica dei fluidi, e in particolare la resistenza opposta dai fluidi al moto di corpi in essi in movimento. Il terzo libro è prevalentemente di argomento astronomico, e Newton dimostra che i principi generali della Meccanica stabiliti nel primo libro reggono anche il moto dei corpi celesti, quando si ipotizzi che questi si attraggano con forze direttamente proporzionali alla loro massa ed inversamente proporzionali al quadrato delle loro distanze (legge della gravitazione universale).

Newton Isaac, The mathematical principles of natural philosophy. Mechanics and Astronomy are the main subjects of this work, which is divided into three books. Mechanics is dealt with the deductive method in the first book, in which the principles of the infinitesimal calculus are also included. The second book deals with fluid mechanics, and with the resistance opposed by the fluids to the motion of bodies moving into them. The subject of the third book is mainly Astronomy. Newton demonstrates that the general principles of Mechanics, established in the first book, govern the motion of the heavenly bodies too, when it is supposed that they attract each other with forces which are directly proportional to their masses, and inversely proportional to the squares of their distances (law of universal gravitation).

This is the first edition of the most famous work by Newton.

20. Robert Smith, *Cours complet d'optique traduit de l'Anglois*, Avignone, Girard, F. Séguin, J. Aubert, 1767 (Sala 34 H 7 24).

21. *Encyclopédie*.