

# Great Astronomers

Robert S. Ball



# Great Astronomers

[Great Astronomers](#)

[PREFACE.](#)

[INTRODUCTION.](#)

[Tolomeo.](#)

[COPERNICUS.](#)

[TYCHO BRAHE.](#)

[GALILEO.](#)

[KEPLER.](#)

[ISAAC NEWTON.](#)

[FLAMSTEED.](#)

[HALLEY.](#)

[BRADLEY.](#)

[LAPLACE.](#)

[BRINKLEY.](#)

[JOHN HERSCHEL.](#)

[THE EARL OF ROSSE.](#)

[AIRY.](#)

[HAMILTON.](#)

[LE VERRIER.](#)

[ADAMS.](#)

[Copyright](#)

# **Great Astronomers**

**Robert S. Ball**

# PREFACE.

It has been my object in these pages to present the life of each astronomer in such detail as to enable the reader to realise in some degree the man's character and surroundings; and I have endeavoured to indicate as clearly as circumstances would permit the main features of the discoveries by which he has become known.

There are many types of astronomers—from the stargazer who merely watches the heavens, to the abstract mathematician who merely works at his desk; it has, consequently, been necessary in the case of some lives to adopt a very different treatment from that which seemed suitable for others.

While the work was in progress, some of the sketches appeared in "Good Words." The chapter on Brinkley has been chiefly derived from an article on the "History of Dunsink Observatory," which was published on the occasion of the tercentenary celebration of the University of Dublin in 1892, and the life of Sir William Rowan Hamilton is taken, with a few alterations and omissions, from an article contributed to the "Quarterly Review" on Graves' life of the great mathematician. The remaining chapters now appear for the first time. For many of the facts contained in the sketch of the late Professor Adams, I am indebted to the obituary notice written by my friend Dr. J. W. L. Glaisher, for the Royal Astronomical Society; while with regard to the late Sir George Airy, I have a similar acknowledgment to make to Professor H. H. Turner. To my friend Dr. Arthur A. Rambaut I owe my hearty thanks for his kindness in aiding me in the revision of the work.

R.S.B.

# INTRODUCTION.

Of all the natural sciences there is not one which offers such sublime objects to the attention of the inquirer as does the science of astronomy. From the earliest ages the study of the stars has exercised the same fascination as it possesses at the present day. Among the most primitive peoples, the movements of the sun, the moon, and the stars commanded attention from their supposed influence on human affairs.

The practical utilities of astronomy were also obvious in primeval times. Maxims of extreme antiquity show how the avocations of the husbandman are to be guided by the movements of the heavenly bodies. The positions of the stars indicated the time to plough, and the time to sow. To the mariner who was seeking a way across the trackless ocean, the heavenly bodies offered the only reliable marks by which his path could be guided. There was, accordingly, a stimulus both from intellectual curiosity and from practical necessity to follow the movements of the stars. Thus began a search for the causes of the ever-varying phenomena which the heavens display.

Many of the earliest discoveries are indeed prehistoric. The great diurnal movement of the heavens, and the annual revolution of the sun, seem to have been known in times far more ancient than those to which any human monuments can be referred. The acuteness of the early observers enabled them to single out the more important of the wanderers which we now call planets. They saw that the star-like objects, Jupiter, Saturn, and Mars, with the more conspicuous Venus, constituted a class of bodies wholly distinct from the fixed stars among which their movements lay, and to which they bear such a superficial resemblance. But the penetration of the early astronomers went even

further, for they recognized that Mercury also belongs to the same group, though this particular object is seen so rarely. It would seem that eclipses and other phenomena were observed at Babylon from a very remote period, while the most ancient records of celestial observations that we possess are to be found in the Chinese annals.

The study of astronomy, in the sense in which we understand the word, may be said to have commenced under the reign of the Ptolemies at Alexandria. The most famous name in the science of this period is that of Hipparchus who lived and worked at Rhodes about the year 160BC. It was his splendid investigations that first wrought the observed facts into a coherent branch of knowledge. He recognized the primary obligation which lies on the student of the heavens to compile as complete an inventory as possible of the objects which are there to be found. Hipparchus accordingly commenced by undertaking, on a small scale, a task exactly similar to that on which modern astronomers, with all available appliances of meridian circles, and photographic telescopes, are constantly engaged at the present day. He compiled a catalogue of the principal fixed stars, which is of special value to astronomers, as being the earliest work of its kind which has been handed down. He also studied the movements of the sun and the moon, and framed theories to account for the incessant changes which he saw in progress. He found a much more difficult problem in his attempt to interpret satisfactorily the complicated movements of the planets. With the view of constructing a theory which should give some coherent account of the subject, he made many observations of the places of these wandering stars. How great were the advances which Hipparchus accomplished may be appreciated if we reflect that, as a preliminary task to his more purely astronomical labours, he had to invent that branch of mathematical science by which alone the problems he proposed could be solved. It was for this

purpose that he devised the indispensable method of calculation which we now know so well as trigonometry. Without the aid rendered by this beautiful art it would have been impossible for any really important advance in astronomical calculation to have been effected.

But the discovery which shows, beyond all others, that Hipparchus possessed one of the master-minds of all time was the detection of that remarkable celestial movement known as the precession of the equinoxes. The inquiry which conducted to this discovery involved a most profound investigation, especially when it is remembered that in the days of Hipparchus the means of observation of the heavenly bodies were only of the rudest description, and the available observations of earlier dates were extremely scanty. We can but look with astonishment on the genius of the man who, in spite of such difficulties, was able to detect such a phenomenon as the precession, and to exhibit its actual magnitude. I shall endeavour to explain the nature of this singular celestial movement, for it may be said to offer the first instance in the history of science in which we find that combination of accurate observation with skilful interpretation, of which, in the subsequent development of astronomy, we have so many splendid examples.

The word equinox implies the condition that the night is equal to the day. To a resident on the equator the night is no doubt equal to the day at all times in the year, but to one who lives on any other part of the earth, in either hemisphere, the night and the day are not generally equal. There is, however, one occasion in spring, and another in autumn, on which the day and the night are each twelve hours at all places on the earth. When the night and day are equal in spring, the point which the sun occupies on the heavens is termed the vernal equinox. There is similarly another point in which the sun is situated at the time of the autumnal equinox. In any investigation of the celestial movements the positions of these two equinoxes on the

heavens are of primary importance, and Hipparchus, with the instinct of genius, perceived their significance, and commenced to study them. It will be understood that we can always define the position of a point on the sky with reference to the surrounding stars. No doubt we do not see the stars near the sun when the sun is shining, but they are there nevertheless. The ingenuity of Hipparchus enabled him to determine the positions of each of the two equinoxes relatively to the stars which lie in its immediate vicinity. After examination of the celestial places of these points at different periods, he was led to the conclusion that each equinox was moving relatively to the stars, though that movement was so slow that twenty five thousand years would necessarily elapse before a complete circuit of the heavens was accomplished. Hipparchus traced out this phenomenon, and established it on an impregnable basis, so that all astronomers have ever since recognised the precession of the equinoxes as one of the fundamental facts of astronomy. Not until nearly two thousand years after Hipparchus had made this splendid discovery was the explanation of its cause given by Newton.

From the days of Hipparchus down to the present hour the science of astronomy has steadily grown. One great observer after another has appeared from time to time, to reveal some new phenomenon with regard to the celestial bodies or their movements, while from time to time one commanding intellect after another has arisen to explain the true import of the facts of observations. The history of astronomy thus becomes inseparable from the history of the great men to whose labours its development is due.

In the ensuing chapters we have endeavoured to sketch the lives and the work of the great philosophers, by whose labours the science of astronomy has been created. We shall commence with Ptolemy, who, after the foundations of the science had been laid by Hipparchus, gave to astronomy the form in which it was taught throughout the



Middle Ages. We shall next see the mighty revolution in our conceptions of the universe which are associated with the name of Copernicus. We then pass to those periods illumined by the genius of Galileo and Newton, and afterwards we shall trace the careers of other more recent discoverers, by whose industry and genius the boundaries of human knowledge have been so greatly extended. Our history will be brought down late enough to include some of the illustrious astronomers who laboured in the generation which has just passed away.

# Tolomeo.



Tolomeo.

La carriera del famoso uomo a capo di questo capitolo è una delle più straordinarie nella storia dell'apprendimento umano. Ci sono state altre persone al mondo che si sono conosciute da molto tempo. Tolomeo ha realizzato, ma non ci sono dubbi come i quattordici secoli fa, che recensisce il suo supremo. Le dottrine da lui stabilite nel suo famoso libro, "L'Almagesto", hanno prevalso in tutte queste epoche. Nessuna sostanziale aggiunta è stata fatta per tutto questo tempo alle indubbe verità che contenevano questo lavoro. Nessuna importante correzione è stata fatta con le teorie di Tolomeo contaminate. L'autorità di Tolomeo riguardo a tutte le cose nei cieli,

Tolomeo lo sapeva, ma il fatto che il suo lavoro abbia esercitato un effetto sorprendente sull'intelletto umano per una sessantina di generazioni, sembra essere giunto a una conclusione straordinaria. Questo è l'istruttore non amato della razza umana per un periodo così prolungato.

Sfortunatamente, sappiamo molto poco della storia personale di Tolomeo. Era originario dell'Egitto e, sebbene a volte sia stato inventato che appartenga alla famiglia reale Il nome Tolomeo sembra essere un nome comune in Egitto a quei tempi. Il tempo in cui visse fu fissato dal fatto che la sua prima osservazione registrata fu fatta nel 127

d.C. e la sua ultima nel 151 d.C. Quando aggiungiamo che lui o lei vive ad Alessandria, o alle sue stesse parole, "sul parallelo di Alessandria", abbiamo detto che per quanto riguarda la sua individualità.

Tolomeo è, senza dubbio, la più grande figura dell'antica astronomia. Ha raccolto la saggezza dei filosofi che lo avevano preceduto. Lo incorporò con i risultati delle sue stesse osservazioni e lo illuminò con le sue teorie. Le sue speculazioni, anche quando erano, come ormai sappiamo, abbastanza errate, avevano una sorprendente sorprendente verosimiglianza con i fatti reali della natura che comandavano il consenso universale. Le dottrine di Tolomeo non solo sembrano vere, ma in realtà sono vere.

In assenza di una conoscenza accurata della scienza della meccanica, i filosofi nei primi tempi furono costretti a ripiegare su un certo principio di più o meno validità, che derivavano dalla loro immaginazione su ciò che dovrebbe essere la naturale idoneità delle cose. Non erano figure geometriche così semplici e così simmetriche come un cerchio, e come erano evidenti che i corpi celesti seguivano tracce che non erano linee rette. Non vi è alcun argomento a favore di questa nozione, a parte la semplice riflessione immaginaria che il movimento circolare è il solo movimento circolare, che significa "perfetto", qualunque cosa "perfetto" possa aver significato. Salva ciò che era perfetto. Tolomeo riuscì a escogitare uno schema in base al quale gli apparenti cambiamenti avvenuti nei cieli potevano, per quanto li conoscesse, spiegare con certe combinazioni di movimento circolare. La teoria di Tolomeo incontrò il sorprendente successo che la attende. Pertanto, esponiamo con sufficiente dettaglio i vari passaggi di questa famosa dottrina.

Tolomeo inizia con l'indubbia verità che la forma della terra è globosa. Le prove che egli fornisce sono fondamentalmente prive di fondamento; sono davvero le stesse prove che diamo oggi. Vi è, prima di tutto, la ben

nota circostanza che ci ricordano i nostri libri di geografia, che quando viene vista a distanza attraverso il mare, la parte inferiore dell'oggetto ,

La sagacia di Tolomeo gli consente di addurre un altro argomento, che, sebbene non così ovvio, giustifica la curvatura della terra in modo molto impressionante per chiunque voglia prendersi la briga di capirlo. Tolomeo menziona che i viaggiatori che andarono a sud riferirono di averlo fatto e che l'aspetto dei cieli di notte subì un graduale cambiamento. Le stelle con cui avevano familiarità nei Cieli del Nord affondarono gradualmente più in basso nei cieli. La costellazione dell'Orsa maggiore, che nei suoi cieli non tramonta mai durante la sua rivoluzione attorno al polo, si innalzò e si alzò quando fu raggiunta una sufficiente latitudine meridionale. D'altra parte, costellazioni nuove per gli abitanti dei climi settentrionali sono state osservate sopra l'orizzonte meridionale. Queste circostanze sarebbero del tutto incompatibili con la supposizione che la terra fosse una superficie piana. Se così fosse, un piccolo riflesso mostrerà che nessun cambiamento nei movimenti apparenti delle stelle sarebbe la conseguenza di un viaggio verso sud. Tolomeo ha esposto con molta intuizione il significato di questo ragionamento, e anche ora, con le risorse delle scoperte moderne per aiutarci, difficilmente possiamo migliorare le sue argomentazioni.

Tolomeo, come un vero filosofo che svela una nuova verità al mondo, ha illustrato e fatto valere il suo argomento con una serie di manifestazioni felici. L'acutezza di Tolomeo: devo aggiungerne una, non solo per la sua natura sorprendente, ma perché esemplifica l'acutezza di Tolomeo. Se la terra fosse piatta, ha detto questo ingegnoso ragionatore, il tramonto deve necessariamente aver luogo nello stesso istante, non importa quale. Tolomeo, tuttavia, dimostrò che il tempo non era tanto quanto la longitudine dell'osservatore era alterata. Per noi, ovviamente, questo è

abbastanza ovvio; è ancora mezzogiorno sulla costa occidentale dell'America. Tolomeo aveva, tuttavia, poche di quelle fonti di conoscenza che sono ora accessibili. Alessandria di quanto sarebbe stata in una città che si trovava a cento miglia a ovest? Non c'era modo di comunicare tramite il quale gli astronomi dei due Luoghi potevano comunicare. Non c'era cronometro o orologio che potesse essere trasportato da un luogo all'altro; non vi sono altri accorgimenti affidabili per il mantenimento del tempo. L'ingegnosità di Tolomeo, tuttavia, ha sottolineato un metodo soddisfacente per mezzo del quale i tempi del tramonto in due luoghi potevano essere confrontati. Conosceva il fatto, che deve essere stato fin dai primissimi tempi, che l'illuminazione della luna proviene interamente dal sole. Sapeva che l'eclissi di luna era dovuta all'interposizione della terra. Era, quindi, La luna potrebbe essere un fenomeno che sarebbe iniziato allo stesso tempo. Tolomeo, quindi, fu portato all'inizio di un'eclissi lunare. Scopri che gli osservatori a ovest avevano fatto il tempo prima e prima che le loro stazioni fossero lontane da Alessandria. D'altra parte, gli osservatori orientali si posarono un'ora dopo quella di Alessandria. Dato che tutti questi osservatori hanno registrato qualcosa che in effetti sembrava essere simultaneamente, l'unica interpretazione era che un posto più orientale era il suo tempo successivo. Supponiamo che ci fossero un certo numero di osservatori lungo un parallelo di latitudine e ciascuno notò che l'ora del tramonto era alle sei orologio, quindi, dai tempi occidentali, alle 18:00 in una stazione B a ovest. Se, quindi, è il tramonto per l'osservatore in A, l'ora del tramonto non sarà raggiunta per l'osservatore in B. Questo si rivela essere lo stesso su tutta la terra. Tuttavia, abbiamo già visto che l'ora apparente del tramonto sarebbe piatta. Quando Tolomeo, quindi, ha dimostrato che la terra non è piatta. L'ora del tramonto non sarà raggiunta per l'osservatore a B. Ciò dimostra in modo conclusivo che l'ora del tramonto

non è la stessa in tutta la terra. Tuttavia, abbiamo già visto che l'ora apparente del tramonto sarebbe piatta. Quando Tolomeo, quindi, ha dimostrato che la terra non è piatta. L'ora del tramonto non sarà raggiunta per l'osservatore a B. Ciò dimostra in modo conclusivo che l'ora del tramonto non è la stessa in tutta la terra. Tuttavia, abbiamo già visto che l'ora apparente del tramonto sarebbe piatta. Quando Tolomeo, quindi, ha dimostrato che la terra non è piatta. Da dove è nato lo stesso, da dove proviene, e da cui è possibile ottenere le informazioni necessarie, ne consegue che la terra, invece della pianura, è circondata da un oceano illimitato, come ciò che generalmente supposto, deve essere in realtà globoso. Ciò ha portato a una conseguenza sorprendente. Era ovvio che non c'erano supporti di alcun tipo con cui questo globo era sostenuto; Ne consegue che il potente oggetto deve essere semplicemente sospeso nello spazio. Questa è davvero una dottrina sorprendente per chiunque faccia affidamento sulle prove, senza fornire prove. Secondo la nostra esperienza ordinaria, l'idea stessa di un oggetto in bilico senza supporto nello spazio appare assurda. Sarebbe un caso? ci viene subito chiesto. Sì, senza dubbio non poteva rimanere in bilico in alcun modo in cui proviamo l'esperimento. Dobbiamo tuttavia osservare che non esistono idee come verso l'alto o verso il basso in relazione allo spazio aperto. Dire che un corpo cade verso il basso, significa che cerca di avvicinarsi il più possibile al centro della terra. Non esiste un modo in cui un corpo vuole muoversi nello spazio, preferendolo a qualsiasi altro. Nel suo approccio al centro della terra, è destinato a spostarsi verso l'alto per quanto riguarda qualsiasi località nel nostro emisfero. Perché, quindi, sostenne Tolomeo, la terra non potrebbe rimanere sospesa nello spazio, non sembra esserci alcun motivo per cui la terra dovrebbe richiedere alcun supporto? Con questo ragionamento arriva alla conclusione fondamentale che la terra è un corpo globulare

che giace liberamente nello spazio e circondato sopra, sotto e su tutti i lati dalle stelle scintillanti del cielo.

La percezione di questa sublime verità segna un'epoca notevole nella storia del graduale sviluppo dell'intelletto umano. Senza dubbio, altri filosofi, nel tentare la conoscenza, possono avere certe affermazioni che sono più o meno equivalenti a questa verità fondamentale. È a Tolomeo che dobbiamo dare credito, tuttavia, non solo per l'annuncio di questa dottrina, ma per dimostrarla con argomentazioni chiare e logiche. Non possiamo facilmente proiettare le nostre menti al concetto di stato intellettuale. Tuttavia, si può ben immaginare che, per chi pensava che la terra fosse una pianura piatta di estensione indefinita, sarebbe meno di una convulsione intellettuale per crederci una particella relativamente all'immensa sfera dei cieli.

Ciò che Tolomeo vide nel movimento delle stelle disse che erano punti luminosi attaccati all'interno di un tremendo globo. I movimenti di questo globo che erano compatibili solo con la supposizione che la terra occupasse il suo centro. L'effetto impercettibile prodotto da un cambiamento nella località del globo terrestre deve essere abbastanza insignificante rispetto a quelli della sfera celeste. La terra potrebbe, infatti, essere considerata come un granello di sabbia mentre le stelle giacevano su un globo di molti metri di diametro.

Così tremendo ciò che la rivoluzione della conoscenza umana implicava da questa scoperta, che possiamo immaginare come Tolomeo, com'era per la fama che gli era giustamente maturata, non riuscì a fare un ulteriore passo. Se avesse fatto quel passo, avrebbe emancipato l'intelletto umano dalla schiavitù di quattordici secoli di servitù a una nota totalmente mostruosa dell'importanza di questa terra nello schema dei cieli. Nella gloriosa processione senza fine, e debitamente tramontato, i beati, la luna e le stelle sorgevano giorno dopo giorno. La circostanza che le stelle rimangono al loro posto, e sulla cui superficie si pensava

che fossero riparati. Avrebbe quindi rappresentato tutti i fenomeni di innalzamento e tramonto con la supposizione che il nostro globo fosse fermo. Probabilmente questa supposizione deve essere apparsa mostruosa, anche a Tolomeo. Sapeva che la terra era un oggetto gigantesco, ma, per quanto potesse essere, sapeva che era solo una particella rispetto alla sfera celeste, tuttavia ci credeva, e riuscì a convincere altri uomini a credere che la sfera celeste eseguì effettivamente questi movimenti. Probabilmente questa supposizione deve essere apparsa mostruosa, anche a Tolomeo. Sapeva che la terra era un oggetto gigantesco, ma, per quanto potesse essere, sapeva che era solo una particella rispetto alla sfera celeste, tuttavia ci credeva, e riuscì a convincere altri uomini a credere che la sfera celeste eseguì effettivamente questi movimenti. Probabilmente questa supposizione deve essere apparsa mostruosa, anche a Tolomeo. Sapeva che la terra era un oggetto gigantesco, ma, per quanto potesse essere, sapeva che era solo una particella rispetto alla sfera celeste, tuttavia ci credeva, e riuscì a convincere altri uomini a credere che la sfera celeste eseguì effettivamente questi movimenti.

Tolomeo era un eccellente geometra. Sapeva che il sole nascente, la luna e la stella avrebbero potuto essere contati in modo diverso. Se la terra si gira uniformemente una volta al giorno mentre è in bilico al centro dei cieli, tutti i fenomeni di levarsi e tramontare potrebbero essere spiegati. Questo è, in effetti, evidente dopo un momento di riflessione. Considera te stesso di essere sulla terra al centro dei cieli. Ci sono stelle sopra la tua testa e metà del contenuto dei cieli è visibile, mentre l'altra metà è sotto il tuo orizzonte. Mentre la terra gira, le stelle stanno per cambiare e, a meno che non accadano, poiché in nessun momento puoi vedere più della metà dell'intera sfera. L'osservatore sulla terra lo farebbe, in modo che alcune stelle stessero sorgendo e che alcune stelle stessero



tramontando. Abbiamo, quindi, due metodi totalmente distinti, ognuno dei quali spiegherebbe completamente tutti i fatti osservati del movimento diurno. Una di queste supposizioni richiede che la sfera celeste, portante con le stelle e altri corpi celesti, ruoti uniformemente attorno ad un asse invisibile, mentre la terra rimane stazionaria al centro. L'altra supposizione dovrebbe essere nella stessa direzione di quella al centro per completare un turno in ventiquattro ore. Tolomeo non era soddisfatto della spiegazione dei fatti osservati. In effetti, i fenomeni del movimento delle stelle, per quanto potevano, non potevano essere veri.

Tolomeo dovette ricorrere a ragionamenti indiretti. Una di queste supposizioni deve essere vera, eppure è apparsa. È una delle cose principali che sono state fatte in modo che sia stupendo che la terra stessa sia assolutamente insignificante rispetto a ciò. Se, quindi, questa stupenda sfera si ripetesse in ventiquattro ore, la velocità con cui dovrebbe essere effettuato il movimento di alcune stelle sarebbe il più scarsa possibile. Pertanto, su questo terreno sarebbe molto più semplice adottare l'altra alternativa e supporre che i movimenti diurni fossero dovuti alla rotazione della terra. Qui Tolomeo vide, o in ogni caso immaginava di vedere, obiezioni alla descrizione più pesante. L'evidenza dei sensi direttamente alla supposizione che questa terra sia tutt'altro che stazionaria. Tolomeo avrebbe potuto, forse, respingere questa obiezione sulla base del fatto che la testimonianza dei sensi su di essa doveva essere subordinata all'interpretazione che la nostra intelligenza avrebbe posto sui fatti ai quali i sensi avevano depositato. Un'altra obiezione, tuttavia, gli sembrò possedere il momento più grave. Si sosteneva che se la terra stesse ruotando, non c'era nulla che potesse rendere l'aria in questo movimento. Tolomeo, a qualsiasi oggetto sospeso nell'aria. Fintanto che un uccello si trovava su un albero, poteva benissimo essere portato avanti dalla terra

in movimento, ma nel momento in cui prendeva il volo, il terreno scivolava da sotto di lui a un ritmo spaventoso, in modo tale che quando si lasciava cadere di nuovo un piccione viaggiatore o una rondine avrebbero potuto essere attraversati nello stesso tempo. Qualche vaga illusione di questa descrizione sembra addirittura apparire occasionalmente. Ricordo di aver sentito parlare di una proposta di viaggio in mongolfiera di un bambino davvero straordinario. Colui che è sulla strada per la fine del mondo, che gli ha inviato, dopo di che avrebbe lasciato la terra gas e scendi! Tolomeo sapeva bene che la filosofia naturale era consapevole del fatto che una simile proposta di locomozione sarebbe stata quella di esprimere l'assurdità; sapeva che non vi era alcun movimento relativo tra l'aria e la terra come questo movimento avrebbe implicato. Sembrava alle spalle, se la terra fosse stata animata da un movimento di rotazione. In questo era, come sappiamo, completamente sbagliato. Ai suoi tempi, tuttavia, non c'erano nozioni precise sull'argomento delle leggi del moto.

Assiduo come Tolomeo potrebbe essere venuto alla luce nello studio dei corpi celesti. Semplici, in effetti, sono gli esperimenti che possono essere sorti. Tolomeo, che deve averlo accompagnato. Se un cavallo al galoppo a cavallo lancia una palla in aria, questa ricade nella sua mano, proprio come sarebbe stata a riposo durante il volo della palla; la palla infatti partecipa al movimento orizzontale, quindi non importa, ma non sembra essere in linea retta. Questo fatto e molti altri dimostrando che erano dotati di un movimento di rotazione. Tolomeo non lo sapeva, e così arrivò alla conclusione che la terra non ruotava e che, quindi, nonostante la tremenda improbabilità di un oggetto così potente come la sfera celeste una volta ogni ventiquattro ore, c'era nessun corso aperto se non per dire che questa cosa molto improbabile è realmente accaduta. Così avvenne che Tolomeo adottò come dottrina cardinale

del suo sistema una terra stazionaria sospesa al centro della sfera celeste, che si estendeva su tutti i lati ad una distanza così vasta che il diametro della terra era un punto inapprezzabile a confronto lì con. l'atmosfera che la circonda deve partecipare a quel movimento. Tolomeo non lo sapeva, e così arrivò alla conclusione che la terra non ruotava e che, quindi, nonostante la tremenda improbabilità di un oggetto così potente come la sfera celeste una volta ogni ventiquattro ore, c'era nessun corso aperto se non per dire che questa cosa molto improbabile è realmente accaduta. Così avvenne che Tolomeo adottò come dottrina cardinale del suo sistema una terra stazionaria sospesa al centro della sfera celeste, che si estendeva su tutti i lati ad una distanza così vasta che il diametro della terra era un punto inapprezzabile a confronto lì con. l'atmosfera che la circonda deve partecipare a quel movimento. Tolomeo non lo sapeva, e così arrivò alla conclusione che la terra non ruotava e che, quindi, nonostante la tremenda improbabilità di un oggetto così potente come la sfera celeste una volta ogni ventiquattro ore, c'era nessun corso aperto se non per dire che questa cosa molto improbabile è realmente accaduta. Così avvenne che Tolomeo adottò come dottrina cardinale del suo sistema una terra stazionaria sospesa al centro della sfera celeste, che si estendeva su tutti i lati ad una distanza così vasta che il diametro della terra era un punto inapprezzabile a confronto lì con. nonostante la tremenda improbabilità di un oggetto così potente come la sfera celeste che gira intorno una volta ogni ventiquattro ore, non c'è modo di aprirlo se non che questa cosa molto improbabile è realmente accaduta. Così avvenne che Tolomeo adottò come dottrina cardinale del suo sistema una terra stazionaria sospesa al centro della sfera celeste, che si estendeva su tutti i lati ad una distanza così vasta che il diametro della terra era un punto inapprezzabile a confronto lì con. nonostante la tremenda improbabilità di

un oggetto così potente come la sfera celeste che gira intorno una volta ogni ventiquattro ore, non c'è modo di aprirlo se non che questa cosa molto improbabile è realmente accaduta. Così avvenne che Tolomeo adottò come dottrina cardinale del suo sistema una terra stazionaria sospesa al centro della sfera celeste, che si estendeva su tutti i lati ad una distanza così vasta che il diametro della terra era un punto inapprezzabile a confronto lì con.

Tolomeo, avendo deliberatamente respinto la dottrina della rotazione terrestre, dovette formulare alcune supposizioni del tutto errate. È solo lo stesso periodo per l'esecuzione di una rivoluzione completa dei cieli. Tolomeo sapeva che le stelle erano ad alta distanza dalla terra, ma senza dubbio le sue nozioni arrivarono a questo punto. Tolomeo giunse alla conclusione che devono essere tutti alla stessa distanza, che dovrebbero essere così selvaggiamente improbabili che dovrebbero compiere tutte le loro rivoluzioni nello stesso tempo. Deve essere sulla superficie di una sfera. Questa visione, per quanto errata, ciò è corroborato dal fatto che le stelle nelle costellazioni hanno conservato i loro luoghi relativi inalterati per secoli. Quindi, arrivò alla conclusione che erano tutti fissati su una superficie sferica, sebbene non fossimo informati del materiale di questa meravigliosa cornice che sosteneva le stelle come gioielli.

Né dovremmo pronunciare in fretta questa dottrina come assurda. Le stelle sembrano giacere sulla superficie di una sfera, di cui l'osservatore è al centro; non solo questo è l'aspetto dei cieli presente all'osservatore non tecnico, ma è anche l'aspetto in cui i cieli sono presentati all'astronomo più esperto dei giorni moderni. Senza dubbio è alla massima distanza da lui; sa che certe stelle sono th volte, o cento volte, o mille volte, rispetto ad altre stelle. Tuttavia, ai suoi occhi le stelle appaiono sulla superficie della sfera, è su quella superficie che vengono fatte le sue misurazioni dei luoghi relativi delle stelle; anzi, potrebbero essere quasi

tutte le osservazioni nell'osservatorio relative ai luoghi delle stelle, non come sono realmente,

Questo grande filosofo mostra molto ingegnosamente che la terra deve essere al centro della sfera. Dimostra che, se non fosse così, ogni stella non sembrerebbe muoversi con l'assoluta uniformità che, di fatto, la caratterizza. In tutti questi ragionamenti non possiamo che avere la più profonda ammirazione per il genio di Tolomeo, anche se ha commesso un errore nel punto fondamentale della stabilità della terra. Tolomeo da dimostrare. Aveva dimostrato che la terra era un oggetto isolato nello spazio, ed era ciò che, naturalmente, era in grado di muoversi. Potrebbe essere girato o potrebbe essersi spostato da un posto a un altro. Sappiamo che Tolomeo adottò deliberatamente l'idea che la terra non si girasse; doveva quindi indagare sull'altra domanda, riguardo al quale la terra è animata da qualsiasi movimento di traduzione. Giunse alla conclusione di essere già arrivato. La terra, sostenne Tolomeo, rimase al centro della sfera celeste. Se la terra fosse dotata di movimento, non sarebbe sempre a questo punto, quindi dovrebbe spostarsi in qualche altra parte della sfera. I movimenti delle stelle, tuttavia, ne impediscono la possibilità; e, pertanto, la terra deve essere priva di qualsiasi movimento di traduzione. Fu così che lo stesso Tolomeo considerò che la stabilità della terra, come appariva ai sensi ordinari, aveva un fondamento filosofico razionale. Giunse alla conclusione di essere già arrivato. La terra, sostenne Tolomeo, rimase al centro della sfera celeste. Se la terra fosse dotata di movimento, non sarebbe sempre a questo punto, quindi dovrebbe spostarsi in qualche altra parte della sfera. I movimenti delle stelle, tuttavia, ne impediscono la possibilità; e, pertanto, la terra deve essere priva di qualsiasi movimento di traduzione. Fu così che lo stesso Tolomeo considerò che la stabilità della terra, come appariva ai sensi ordinari, aveva un fondamento filosofico razionale. Giunse alla conclusione di essere già arrivato. La

terra, sostenne Tolomeo, rimase al centro della sfera celeste. Se la terra fosse dotata di movimento, non sarebbe sempre a questo punto, quindi dovrebbe spostarsi in qualche altra parte della sfera. I movimenti delle stelle, tuttavia, ne impediscono la possibilità; e, pertanto, la terra deve essere priva di qualsiasi movimento di traduzione. Fu così che lo stesso Tolomeo considerò che la stabilità della terra, come appariva ai sensi ordinari, aveva un fondamento filosofico razionale. leggi al centro della sfera celeste. Se la terra fosse dotata di movimento, non sarebbe sempre a questo punto, quindi dovrebbe spostarsi in qualche altra parte della sfera. I movimenti delle stelle, tuttavia, ne impediscono la possibilità; e, pertanto, la terra deve essere priva di qualsiasi movimento di traduzione. Fu così che lo stesso Tolomeo considerò che la stabilità della terra, come appariva ai sensi ordinari, aveva un fondamento filosofico razionale. leggi al centro della sfera celeste. Se la terra fosse dotata di movimento, non sarebbe sempre a questo punto, quindi dovrebbe spostarsi in qualche altra parte della sfera. I movimenti delle stelle, tuttavia, ne impediscono la possibilità; e, pertanto, la terra deve essere priva di qualsiasi movimento di traduzione. Fu così che lo stesso Tolomeo considerò che la stabilità della terra, come appariva ai sensi ordinari, aveva un fondamento filosofico razionale.

Non di rado è la fonte dei filosofi a lottare contro i dottori del volgare, ma quando arriva, come nel caso delle ricerche di Tolomeo, che i dottori del volgare sono confermati da un'indagine filosofica che porta il marchio della massima autorità , non si può dire in quel momento che le dottrine debbano essere considerate quasi inespugnabili. In questo modo, forse, potremmo spiegare il fatto straordinario che le teorie di Tolomeo sono incontrastate.

Con la quale l'intera sfera sembra ruotare una volta ogni ventiquattro ore. Tolomeo cercò di rendere conto del movimento mensile della luna, del movimento annuale del

sole e dei movimenti periodici dei pianeti che hanno guadagnato i titoli delle stelle erranti.

Posseduto dall'idea che questi movimenti debbano essere circolari, o debbano essere in grado, direttamente o indirettamente, di essere spiegati da movimenti circolari, sembra ovvio a Tolomeo, così come ai precedenti astronomi, che la traccia della luna attraverso il le stelle erano un cerchio di cui la terra è il centro. Un movimento simile con un periodo annuale deve essere fatto nella posizione delle costellazioni in conformità con l'avanzamento delle stagioni la luce intensa del sole evita che le stelle nei suoi dintorni vengano viste alla luce del giorno. Quindi i movimenti del sole e della luna, così come la rotazione diurna della sfera celeste, sembrano giustificare l'idea che tutti i movimenti celesti devono essere "

Le osservazioni più semplici, tuttavia, mostrano che i movimenti dei pianeti non possono essere spiegati in questo modo semplice. Qui il genio geometrico di Tolomeo emerge, e inventò uno schema in base al quale gli apparenti vagabondaggi dei pianeti potevano essere spiegati senza introdurre i movimenti "perfetti".

Per capire il suo ragionamento, prima esponiamo i fatti. Prenderò, in particolare, due pianeti, Venere e Marte, poiché questi illustrano, nel modo più sorprendente, rispettivamente le peculiarità dei pianeti interno ed esterno. Le osservazioni più semplici mostrerebbero che Venere non si muoveva nei cieli allo stesso modo del sole o della luna. Guarda la stella della sera luminosa come appare ad ovest dopo il tramonto. Venere si sta avvicinando al sole, si perde nei raggi del sole. Quindi il pianeta emerge dall'altra parte, per non essere visto. Infatti, era chiaro in qualche modo. Ora si trova che avanza a una certa distanza limitata, e ora è in ritardo.

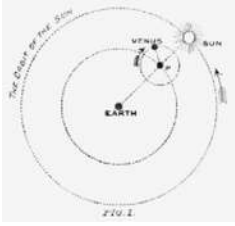


FIG. 1. SCHEMA PLANETARIO DI PTOLEMY.

Questi movimenti erano totalmente incompatibili con la supposizione che i viaggi di Venere fossero descritti come perfetti. Tolomeo cercò di renderne conto. Immagina un braccio fisso che si estenda dalla terra al sole, come mostrato nella figura di accompagnamento (Figura 1), quindi questo braccio si muoverà in modo uniforme, in conseguenza del movimento del sole. Ad un punto P su questo braccio si descriva un piccolo cerchio. Si suppone che Venere ruoti uniformemente in questo piccolo cerchio, mentre il cerchio stesso viene portato continuamente attraverso il movimento del sole. In questo modo è possibile spiegare le principali peculiarità nel movimento di Venere. Vuole essere quello Venere da un lato del sole, e talvolta dall'altro lato, in modo che il pianeta rimanga sempre nelle vicinanze del sole. Proporzionando correttamente i movimenti, questo piccolo meccanismo simula le transizioni dalla stella del mattino alla stella della sera. Quindi i cambiamenti di Venere potrebbero essere spiegati da una combinazione del movimento "perfetto" di P nel cerchio che è uniformemente descritto intorno alla terra, combinato con il movimento "perfetto" di Venere nel cerchio che è uniformemente attorno al movimento centro. Proporzionando correttamente i movimenti, questo piccolo meccanismo simula le transizioni dalla stella del mattino alla stella della sera. Quindi i cambiamenti di Venere potrebbero essere spiegati da una combinazione del movimento "perfetto" di P nel cerchio che è uniformemente descritto intorno alla terra, combinato con il movimento "perfetto" di Venere nel cerchio che è uniformemente attorno al movimento centro. Proporzionando



correttamente i movimenti, questo piccolo meccanismo simula le transizioni dalla stella del mattino alla stella della sera. Quindi i cambiamenti di Venere potrebbero essere spiegati da una combinazione del movimento "perfetto" di P nel cerchio che è uniformemente descritto intorno alla terra, combinato con il movimento "perfetto" di Venere nel cerchio che è uniformemente attorno al movimento centro. Tolomeo rese una spiegazione delle apparenti apparizioni di Mercurio. Ora solo da un lato del sole, e ora dall'altro, questo pianeta visto di rado si muoveva come Venere su un cerchio in cui il centro del sole e della terra. Il cerchio, tuttavia, in cui Mercurio si è effettivamente ripreso ad essere inferiore a quello di Venere, al fine di rendere il fatto che Mercurio è sempre stato molto meglio del pianeta più noto.

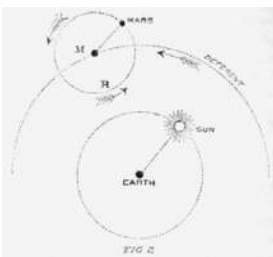


FIG. 2. TEORIA DELLA PTOLEMIA SUL MOVIMENTO DELLE MARTE.

La spiegazione del movimento di un pianeta esterno come Marte potrebbe anche essere dedotta dall'effetto congiunto di due movimenti perfetti. I cambiamenti attraverso i quali Marte passa, tuttavia, sono così diversi dai movimenti di Venere che è necessaria una disposizione alquanto diversa dei cerchi. Per considerare i fatti che caratterizzano il movimento di una ricerca del pianeta esterno come Marte. In primo luogo, Marte raggiunge un intero circuito del paradiso. A questo proposito, senza dubbio, si può dire che assomigli al sole o alla luna. Una piccola attenzione vuole, tuttavia, mostrare che ci sono straordinarie irregolarità nel movimento del pianeta. In generale, si accelera da ovest a est tra le stelle, ma a volte l'osservatore attento vuole che

accelerare con ciò che il pianeta avanza stia rallentando, e quindi vuole rimanere fermo. Alcuni giorni dopo la direzione del movimento del pianeta vuole essere invertita e vuole spostarsi da est a ovest. Successivamente, raggiunge finalmente il suo ritmo, che successivamente diminuisce fino a raggiungere una seconda posizione fissa. Dopo una dovuta pausa, il movimento originale da ovest a est viene ripreso e continua fino a quando non inizia nuovamente un ciclo simile di cambiamenti. Cerca movimenti poiché questi erano abbastanza in contrasto con qualsiasi movimento perfetto in un singolo cerchio della terra. Qui, ancora una volta, la sagacia geometrica di Tolomeo gli fornì i mezzi per rappresentare l'apparente moto di Marte e, allo stesso tempo, limitare la spiegazione a quei movimenti perfetti. In Fig. 2 vediamo la teoria di Tolomeo come il movimento di Marte. Come prima, la terra è al centro e il sole sta descrivendo la sua orbita circolare attorno a quel centro. Il sentiero di Marte deve essere preso come l'esterno di quel sole. M è un pianeta fittizio, che ruota uniformemente intorno alla terra, in un cerchio chiamato DIFERENTE. Questo punto M, che è così animato da un movimento perfetto, è il centro di un cerchio che viene portato avanti con M, e attorno alla circonferenza di cui Marte ruota uniformemente. È facile dimostrare che l'effetto combinato di due movimenti perfetti è quello di produrre esattamente questo. Nella posizione rappresentata nella figura, Marte sta ovviamente seguendo una rotta che sembra essere un movimento da ovest a est. Quando, tuttavia, il pianeta si gira per trovare una posizione come R, si sta muovendo da est a ovest in conseguenza della sua rivoluzione nel cerchio mobile, come indicato dalla freccia. D'altra parte, l'intero cerchio viene portato nella direzione opposta. Se l'ultimo movimento è inferiore al primo, allora abbiamo il movimento arretrato di Marte sui cieli; Con una corretta regolazione delle lunghezze relative di queste braccia, i movimenti del

pianeta come effettivamente osservati potrebbero essere completamente spiegati. allora avremo il movimento arretrato di Marte sui cieli; Con una corretta regolazione delle lunghezze relative di queste braccia, i movimenti del pianeta come effettivamente osservati potrebbero essere completamente spiegati. allora avremo il movimento arretrato di Marte sui cieli; Con una corretta regolazione delle lunghezze relative di queste braccia, i movimenti del pianeta come effettivamente osservati potrebbero essere completamente spiegati.

Tolomeo era a conoscenza, vale a dire Giove e Saturno, e avevano movimenti dello stesso carattere generale di quelli di Marte. Tolomeo riuscì ugualmente a spiegare il movimento che avevano eseguito in un cerchio tutto loro che aveva un movimento perfetto attorno alla terra al centro.

Potrebbe essere strano che Tolomeo non avanzasse di un passo in avanti, così facendo, per esempio, avrebbe potuto rappresentare il movimento di Venere altrettanto bene mettendo il centro del cerchio in movimento a il sole stesso e, di conseguenza, allargando il cerchio in cui ruotava Venere. Anche lui avrebbe potuto disporre i vari cerchi che i pianeti esterni attraversati avrebbero dovuto avere i loro centri sul sole. Il sistema planetario sarebbe quindi costituito da una terra fissata al centro, da un sole che ruotava uniformemente attorno ad esso, e da un sistema di pianeti che descrivevano ciascuno il proprio cerchio attorno a un centro in movimento nel sole. Forse Tolomeo non ci ha pensato, o forse potrebbe averlo visto contro. Questo importante passo è stato, tuttavia, intrapreso da Tycho. Considerò che tutti i pianeti ruotavano attorno al sole in circoli e che il sole stesso, con tutte queste orbite, descriveva un potente cerchio attorno alla terra. L'ultimo passo fu compiuto da Copernico.

# COPERNICUS.



THORN, FROM AN OLD PRINT.

The quaint town of Thorn, on the Vistula, was more than two centuries old when Copernicus was born there on the 19th of February, 1473. The situation of this town on the frontier between Prussia and Poland, with the commodious waterway offered by the river, made it a place of considerable trade. A view of the town, as it was at the time of the birth of Copernicus, is here given. The walls, with their watch-towers, will be noted, and the strategic importance which the situation of Thorn gave to it in the fifteenth century still belongs thereto, so much so that the German Government recently constituted the town a fortress of the first class.

Copernicus, the astronomer, whose discoveries make him the great predecessor of Kepler and Newton, did not come from a noble family, as certain other early astronomers have done, for his father was a tradesman. Chroniclers are, however, careful to tell us that one of his uncles was a bishop. We are not acquainted with any of those details of his childhood or youth which are often of such interest in other cases where men have risen to exalted fame. It would appear that the young Nicolaus, for such was his Christian name, received his education at home until such time as he was deemed sufficiently advanced to be sent to the University at Cracow. The education that he there obtained must have been in those days of a very primitive

description, but Copernicus seems to have availed himself of it to the utmost. He devoted himself more particularly to the study of medicine, with the view of adopting its practice as the profession of his life. The tendencies of the future astronomer were, however, revealed in the fact that he worked hard at mathematics, and, like one of his illustrious successors, Galileo, the practice of the art of painting had for him a very great interest, and in it he obtained some measure of success.

By the time he was twenty-seven years old, it would seem that Copernicus had given up the notion of becoming a medical practitioner, and had resolved to devote himself to science. He was engaged in teaching mathematics, and appears to have acquired some reputation. His growing fame attracted the notice of his uncle the bishop, at whose suggestion Copernicus took holy orders, and he was presently appointed to a canonry in the cathedral of Frauenburg, near the mouth of the Vistula.

To Frauenburg, accordingly, this man of varied gifts retired. Possessing somewhat of the ascetic spirit, he resolved to devote his life to work of the most serious description. He eschewed all ordinary society, restricting his intimacies to very grave and learned companions, and refusing to engage in conversation of any useless kind. It would seem as if his gifts for painting were condemned as frivolous; at all events, we do not learn that he continued to practise them. In addition to the discharge of his theological duties, his life was occupied partly in ministering medically to the wants of the poor, and partly with his researches in astronomy and mathematics. His equipment in the matter of instruments for the study of the heavens seems to have been of a very meagre description. He arranged apertures in the walls of his house at Allenstein, so that he could observe in some fashion the passage of the stars across the meridian. That he possessed some talent for practical mechanics is proved by his construction of a contrivance

for raising water from a stream, for the use of the inhabitants of Frauenburg. Relics of this machine are still to be seen.



### COPERNICUS.

The intellectual slumber of the Middle Ages was destined to be awakened by the revolutionary doctrines of Copernicus. It may be noted, as an interesting circumstance, that the time at which he discovered the scheme of the solar system has coincided with a remarkable epoch in the world's history. The great astronomer had just reached manhood at the time when Columbus discovered the new world.

Before the publication of the researches of Copernicus, the orthodox scientific creed averred that the earth was stationary, and that the apparent movements of the heavenly bodies were indeed real movements. Ptolemy had laid down this doctrine 1,400 years before. In his theory this huge error was associated with so much important truth, and the whole presented such a coherent scheme for the explanation of the heavenly movements, that the Ptolemaic theory was not seriously questioned until the great work of Copernicus appeared. No doubt others, before Copernicus, had from time to time in some vague fashion surmised, with more or less plausibility, that the sun, and not the earth, was the centre about which the