Giovanni Virginio Schiaparelli

COME I GRECI ARRIVARONO AL PRIMO CONCETTO DEL SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO DETTO OGGI COPERNICANO.

I°- Le speculazioni dei filosofi e degli astronomi greci intorno alla disposizione generale dell'universo, ed intorno al movimento dei corpi celesti, costituiscono uno dei capitoli più interessanti e più belli nella storia dell'ingegno umano. Veramente la scarsità dei documenti, e lo stato imperfettissimo della tradizione, hanno reso assai difficile il rendersi conto dei vari gradi, per cui dalle più rozze e primitive costruzioni il genio ellenico seppe, in meno di due secoli, elevarsi all'idea del sistema eliocentrico, di quello cioè che più tardi fu rimesso in onore da Copernico. Tuttavia grazie alle recenti fatiche d'alcuni dotti investigatori, allo studioso della storia astronomica è concesso di seguire, per lo più con qualche continuità, l'evoluzione delle idee dei Greci intorno a questo argomento. Certe lacune rimangono però, le quali finora non fu dato di supplire con piena soddisfazione, ma non è dubbio che l'esame più diligente d'ogni speciale questione possa produrre ancora qualche maggior luce, e condurre ad un grado di probabilità più soddisfacente; in particolare, se alla critica filologica ed istorica dei testi antichi (alla quale giustamente si è data e si dovrà sempre dare primaria importanza), si aggiunga un'altra critica non meno necessaria, della quale l'abito si può acquistare soltanto colla diuturna e meditata osservazione di quei medesimi fenomeni, che agli antichi sapienti servirono già a stabilire le loro ipotesi astronomiche.

Fra tali questioni ancora capaci di ulteriore dilucidazione, nessuna sembra più importante di quelli segnata in fronte al presente scritto; e nessuna mi pare più degna di essere studiata colla maggior cura possibile. Noi vediamo infatti in Atene, intorno all'anno 330, Aristotele ancora affaticarsi con gli astronomi Callippo e Polemarco, per adattare il sistema omocentrico di Eudosso alle proprie teorie fisiche dell'universo. Cinquanta o sessant'anni dopo, Aristarco di Samo proclama al mondo, come ipotesi probabile, il sistema astronomico che poi fu detto di Copernico! Quale fu la rapida evoluzione di idee, che in tempo così breve produsse così straordinario risultato? Ma vi ha di più. Il grandioso concetto non trova terreno adatto a metter profonde radici; i matematici greci, invece di appoggiarlo, lo respingono; e quindi, quasi subito dopo annunziato, scompare, lasciando di sé scarsa ed oscura memoria. Per quali cause ed in qual modo è ciò avvenuto? A tali questioni io mi sono industriato per molti anni di trovare qualche plausibile e probabile risposta; risposta che non può essere semplice, complicata com'è di questioni secondarie, ed intessuta di elementi astronomici, geometrici, istorici, ed anche filologici. Vorrei ora tentare di riassumere in modo chiaro e breve i risultati principali, senza entrare in prolisse e spinose disquisizioni, che saranno riservate ad altra pubblicazione più estesa.

Lasciando da parte le costruzioni cosmiche primitive, quali si narra fossero quelle di alcuni fra i più antichi filosofi, e ancora richiamano alla mente il mondo di Omero e di Esiodo; troviamo le prime razionali concezioni dell'universo presso Anassimandro, il quale primo osò concepire la Terra come un corpo isolato da tutte le parti e sospeso nel centro del mondo; e presso Pitagora, del quale si dice che già osasse attribuirle la forma sferica. Idee ardite e sublimi! che nulla cedono in pregio scientifico alle più brillanti scoperte dei moderni. Da quell'epoca (VI° secolo avanti Cristo) vediamo succedersi, circa la struttura generale dell'universo, concetti sempre meglio determinati, con tendenza sempre più decisa all'accurata osservazione del cielo,, e sforzi di genio talvolta veramente mirabili per giungere ad ipotesi geometriche capaci di rappresentare esattamente i fenomeni osservati. In questo periodo, che si chiude con Tolomeo (140 di Cristo), e colla multiforme ed artifiziosa compagine dei cieli descritta nell'Almagesto, sono a distinguere nella speculazione astronomica tre stadi principali di evoluzione, rappresentati da altrettante forme caratteristiche di

teoria; forme che non già si succedono a caso, ma trovansi nel tempo ordinate successivamente secondo il loro ordine logico, per modo che l'una di esse non compare, se non quando l'esperienza dei fenomeni ha dimostrato l'insufficienza della forma precedente, e la necessità di introdurre sul corso degli astri ipotesi nuove e capaci di adattarsi meglio ai risultamenti delle nuove e più perfette osservazioni.

Al primo stadio appartengono i sistemi dei filosofi da Anassimandro fino a Platone, incluse le sfere omocentriche di Eudosso. In questi si pone per principio che i movimenti dei corpi celesti debbono tutti essere rappresentati da rivoluzioni circolari ed uniformi intorno ad un centro unico, che è quello dell'universo; potendo del resto tal centro essere occupato dalla Terra o da altra cosa.
Nei sistemi del secondo stadio si ammettono anche movimenti circolari intorno a centri diversi dal centro del mondo; ma si pone la legge, che tali centri secondari siano occupati da qualche astro principale.
Quindi si stabiliscono due categorie di astri; l'una di astri *primari,* circolanti intorno al centro del mondo; l'altra di astri secondari, circolanti intorno ad alcuno dei primari, in forma di *satelliti.* E tali furono i sistemi di Eraclide Pontico e d'Aristarco Samio.
Nei sistemi del terzo stadio si pone per base, che gli astri possano anche circolare di circolazione secondaria, non intorno ad astri primari, ma intorno a centri ideali privi di ogni fisica entità; potendo del resto questi punti essere fissi, od anche avere una circolazione primaria intorno al centro del mondo. E tali furono i sistemi fondati sugli eccentri e sugli epicicli, da Apollonio di Perga fino a Tolomeo ed ai suoi seguaci e commentatori.

II°- Finché nell'osservazione dei movimenti celesti si considerarono soltanto le linee principali dei fenomeni, non tenendo conto delle minori variazioni e delle anomalie dei movimenti, bastarono alla speculazione filosofica i sistemi della prima specie; nei quali la durata dei periodi e la giacitura delle orbite apparenti rispetto ai poli del mondo costituivano tutti i principali elementi. Tali furono i sistemi dei più antichi cosmologi, specialmente quelli di Anassimandro, di Pitagora e di Parmenide, ed ancora più tardi quelli di Anassagora, di Leucippo e di Democrito. Nei quali tutti si supponeva che il centro comune delle orbite dei corpi celesti fosse la Terra, sospesa ed isolata da tutte le parti, e collocata nel mezzo.

Alla stessa categoria appartiene il sistema pitagorico, che fu, se non immaginato, almeno divulgato da Filolao, e perciò è conosciuto sotto il suo nome. In questo si poneva al centro del mondo non la Terra, ma il principio animatore dell'universo, a cui si davano i nomi di *focolare del mondo,* di *casa degli Dei.* di *custodia di Giove,* ed era anche considerato come l'altare, il vincolo comune e la misura della Natura; la sede insomma dell'attività cosmica, operante a distanza per mezzo delle leggi dell'armonia e dei numeri.. Intorno ad esso si supponeva circolassero dieci corpi divini, cioè, seguendo l'ordine dal centro alla circonferenza:
1°) la Terra e l'Antiterra secondo il piano dell'equatore celeste nello spazio di un giorno;
2°) la Luna nello spazio di un mese, il Sole nello spazio di un anno, i cinque pianeti ciascuno nei suoi propri periodi, tutti nel piano dello zodiaco;
3°) da ultimo la sfera stellata con moto lentissimo [Una più completa esposizione del sistema di Filolao può vedersi nella mia Memoria *"I Precursori di Copernico nell'antichità"* stampata tra quelle del Reale Istituto Lombardo, Volume XII. Vedi pure Giovanni Schiaparelli, *"Scritti sulla Storia della Astronomia Antica,* Parte prima: «Scritti editi», Tomo I, Bologna, Zanichelli].

Così Filolao spiegava in modo approssimato il movimento diurno comune a tutti i corpi celesti, ed i movimenti speciali apparenti del Sole, della Luna, e dei pianeti, senza supporre altro centro di movimenti, che il focolare dell'universo. Tal modo di interpretare le principali apparenze degli astri piacque a molti dei contemporanei di Socrate e di Platone, ed ancora ai tempi d'Aristotele conservava molti fautori, siccome egli stesso ci narra.

Gli schemi del mondo descritti da Platone nel X della *Repubblica* e nel *Timeo* appartengono alla medesima specie. Intorno alla Terra, immobile al centro ed intorno all'asse del mondo, teso da un polo all'altro, si aggirano in orbite concentriche la Luna, il Sole, Venere, Mercurio, Marte, Giove, Saturno e la sfera delle fisse. Questi movimenti nel X della *Repubblica* sono prodotti da un gran meccanismo, per azione di un principio designato da Platone sotto i simboli della Necessità e delle Parche; nel *Timeo è* l'anima dell'universo che tutto lo pervade dal centro alla circonferenza, e variamente distribuisce la sua azione manifestandola con diversi effetti.

Ai tempi di Platone però le osservazioni degli astronomi, e specialmente quelle di Eudosso, avevano già fatto vedere che i movimenti dei cinque pianeti lungo lo zodiaco non potevano più essere considerati come uniformi; molto studio si era fatto delle loro stazioni e retrogradazioni, ed

anche delle deviazioni trasversali, per cui si allontanano ora a destra ora a sinistra del cerchio principale dello zodiaco. Platone non ignorava tali fatti, e narra Eudemo (il quale venne una generazione dopo di lui, e fu il più antico storico dell'astronomia) che appunto indotto da quelli propose ai geometri il problema non facile di trovare «con quali supposizioni di movimenti regolari ed ordinari si potesse rendere conto delle anomalie planetarie». Il problema fu sciolto da Eudosso Cnidio. (verso il 306) per mezzo del sistema delle *sfere omocentriche,* vero miracolo di elegante simmetria e di sottile speculazione geometrica. Secondo Eudosso il movimento di ciascun pianeta era vario ed irregolare soltanto in apparenza; m realtà risultava dalla combinazione di più movimenti regolari prodotti da altrettante sfere per mezzo delle loro rotazioni uniformi intorno alla Terra, posta immobile al centro dell'universo. Queste sfere erano concentriche alla Terra, e incastrate le uno entro le altre per modo che ognuna di esse partecipava ai movimenti delle superiori; e li comunicava alle inferiori, aggiungendovi un movimento suo proprio. In tal modo riusciva Eudosso a render conto non solo dei movimenti generali dei pianeti, ma anche delle loro anomalie sopra accennate, sempre serbando il principio di non ammettere più che un solo centro. Di tutti i sistemi cosmici ordinati secondo tal principio, quello d'Eudosso fu senza paragone il più perfetto, specialmente dopo le modificazioni e le correzioni che l'astronomo Calippo di Cizico v'introdusse intorno all'anno 330. Con esso l'astronomia e la geometria avevano fatto tutto ciò che era umanamente possibile per spiegare i fenomeni planetari in tutta la loro apparente complicazione, senza punto deviare dalla condizione imposta della assoluta omocentricità. Aristotele vide in esso il modo di rappresentare con un solo unico e grandioso meccanismo tutta la compagine dei cieli e di far vedere così il principio fondamentale della sua dinamica cosmica secondo cui la forza motrice dell'universo doveva essere collocata alla circonferenza e propagarsi verso il centro. E le sfere omocentriche di Eudosso furono adottate come base delle speculazioni cosmologiche e fisiche delle scuole aristoteliche nel primo periodo della loro esistenza [Notizie più complete sul sistema delle sfere omocentriche si trovano in una memoria stampata fra quelle del R. Istituto Lombardo (vol. XIII°) col titolo: *Le sfere omocentriche di Eudosso, di Callippo e di Aristotele.* Vedi pure: Giovanni Schiaparelli, *Scritti sulla Storia della Astronomia Antica.* Parte Prima: «Scritti editi». Tomo II, Bologna, Zanichelli]

III°- Tuttavia fin dal primo apparire delle sfere omocentriche si elevarono contro di esse alcune difficoltà, delle quali la più formidabile era questa: che ogni astro essendo condotto in giro sopra una superficie sferica concentrica alla Terra, la sua distanza da questa ed il suo splendore (secondo le idee di quel tempo) avrebbero dovuto rimanere assolutamente invariabili; mentre invece dalle osservazioni lo splendore di alcuni risultava molto diverso in diversi tempi, specialmente per Marte e per Venere. Già allo stesso Polemarco, il quale aveva imparato il sistema omocentrico dalla voce d'Eudosso, questo fatto non era intieramente sconosciuto, e neppure era sconosciuto ad Aristotele, il quale ne discorreva nei suoi *Problemi fisici* oggi perduti. Se, ed in qual modo eludessero la difficoltà, non è più possibile sapere. Ancora molto tempo si continuò a disputare su questo argomento; si cita in proposito il matematico Aristotero (che visse intorno al 300 e fu maestro del poeta Arato), contro il quale scrisse di ciò ima dissertazione un altro matematico più noto, Autolico di Pitana; e sembra che il tentativo fatto da quest'ultimo per sciogliere la difficoltà non fosse molto felice. L'impossibilità di spiegare colle ipotesi d'Eudosso la variazione dello splendore apparente di alcuni pianeti fu la causa principale, per cui in progresso di tempo quelle ipotesi furono abbandonate anche da quegli stessi Peripatetici, i quali da principio le avevano accolte con tanto favore. E così si riconobbe subito, essere impossibile spiegare tutti i fenomeni celesti col mezzo di moti circolari ed uniformi intorno ad un solo centro. Esaurite tutte le supposizioni che tal principio poteva fornire, diventò necessario introdurre qualche principio nuovo.

Un tal principio fu suggerito dallo studio dei movimenti di Mercurio e di Venere, e dalle variazioni notate nel loro splendore apparente. Le loro digressioni alternate e regolari a destra ed a sinistra del Sole, che fa apparire questi pianeti nell'aspetto or di stelle mattutine or di stelle vespertine, e le vicende della loro luce (notabili specialmente in Venere), con evidenza quasi intuitiva spingevano a supporre che il centro della loro circolazione fosse, non già la Terra, ma un altro punto collocato nella direzione del Sole; e quale altro punto poteva essere questo, fuor che il Sole medesimo? L'idea di assumere come centro di queste e d'altre circolazioni celesti un semplice punto ideale privo d'ogni fisica entità, dovette allora sembrare, come ancora a noi sembrerebbe, assurda.

Questo passo importante nella speculazione astronomica fu fatto, siccome è storicamente attestato, da Eraclide Pontico, filosofo originale ed indipendente, che aveva frequentato tutte le

scuole e conosciute tutte le filosofie di quei tempi, e non s'era attaccato esclusivamente a nessuna; le cui opinioni ardite e nuove eran fatte per scandalizzare il vulgo letterato di quei tempi, e gli procurarono infatti la riputazione di uomo bizzarro, e il nome di **παραδοξολόγος**. Leggendo la breve biografia che ne abbiamo nella compilazione di Diogene Laerzio, si crederebbe quasi ch'ei fosse ciò che oggi noi diciamo un mattoide; ove non sapessimo qual compilatore era Diogene, ed a quali fonti torbide soleva pescare. La verità è che Platone lo onorava della sua conversazione e della sua amicizia, al punto da confidargli la direzione della scuola durante l'ultimo viaggio ch'ei fece in Sicilia; che Cicerone era lettore assiduo dei suoi scritti; che Plutarco [*"Non posse suaviter vivi secundum Epicurum", c.* 2] lo metteva in linea coi più grandi pensatori, annoverandolo insieme con Socrate, Aristotele, Pitagora, Protagora, Teofrasto ed Ipparco. Uno dei suoi paradossi fu la rotazione della Terra, che egli ammetteva dietro l'esempio di Ecfanto Pitagorico, pur supponendola .fissa nel centro del mondo.
Un altro di questi paradossi è quello che stiamo esponendo. Eraclide Pontico *è* stato il primo a *vedere,* che Mercurio e Venere si aggirano intorno al Sole in orbite speciali esteriori alla Terra: ed a comprendere che con una tale circolazione si poteva dare dei loro fenomeni assai miglior conto, che non si potesse fare colle sfere di Eudosso. Così s'introduceva per la prima volta nell'astronomia il concetto di far muovere con circolazione secondaria un astro intorno ad un altro girante intorno al centro del mondo con circolazione primaria. Mercurio e Venere diventavan satelliti del Sole e lo seguivano nel suo giro annuale intorno alla Terra.

IV°- Come dalle difficoltà concernenti il moto e lo splendore di Venere ebbe origine l'idea di collocare nel Sole il centro delle orbite dei pianeti che chiamiamo *inferiori,* Mercurio e Venere; così dalle difficoltà che presentava lo studio di Marte trassero origine analoghe indagini per i pianeti da noi detti *superiori,* Marte, Giove e Saturno, e si venne alla conclusione che anche per questi fosse da porre nel Sole il centro dei circoli da loro descritti.

A chi segue con qualche attenzione il corso di Marte lungo lo zodiaco, non possono sfuggire le grandi mutazioni di splendore che hanno luogo in quel pianeta. Nel suo massimo fulgore esso brilla più di qualunque stella di prima grandezza, Sino non escluso. Quando s'immerge la sera nel crepuscolo od emerge la mattina dall'aurora, appare come una piccola stella di terza o di quarta grandezza. Ma in certe configurazioni esso può tanto accostarsi alla Terra, da vincere lo splendore anche di Giove; allora è, dopo Venere, la più fulgida stella del cielo. Queste grandi variazioni di splendore apparente erano ben note agli osservatori greci; interpretate da loro come indizio di corrispondenti variazioni nella distanza, erano considerate come l'argomento più potente contro l'ipotesi omocentrica di Eudosso. Essi non tardarono ad avvalersi che le epoche del massimo splendore si rinnovano ad intervalli di circa ventisei mesi, e sempre coincidono colle *opposizioni:* sempre cioè hanno luogo nelle epoche, in cui il pianeta occupa nello zodiaco il luogo opposto al Sole. Facile era concludere, che il punto dell'orbita più vicino alla Terra è ogni volta quello che si trova in direzione opposta al Sole.

Per chi volesse dunque rappresentare (secondo il concetto sempre fino allora mantenuto invariabilmente dagli astronomi e dai fisici) il moto di Marte un giro circolare ed uniforme, la prima conseguenza era questa: che il centro di tale moto circolare doveva essere collocato fuori della Terra. Così per la prima volta nelle speculazioni cosmologiche fu introdotto il concetto dell'eccentrico. Ma se in tal circolo il punto più vicino giace in direzione opposta al Sole, il punto più lontano, e con esso anche il centro dell'eccentrico, deve giacere nella direzione stessa del Sole. Dunque anche qui il centro del circolo descritto da Marte doveva trovarsi costantemente in un punto della linea condotta dalla Terra nella direzione del Sole; e quale altro punto poteva essere questo, fuor che il Sole medesimo già riconosciuto qual centro dei giri di Mercurio e di Venere? L'orbita di Marte aveva dunque il suo centro, non nella Terra fissa, ma nel Sole mobile, come Mercurio e Venere; come le orbite di Mercurio e di Venere, essa seguiva il Sole nella sua rivoluzione annua intorno alla Terra.

Questa nuova ipotesi, studiata nei suoi effetti, mostrò di corrispondere bene alle osservazioni di Marte, ciò che con l'ipotesi delle sfere omocentriche non era mai stato ottenuto. E non solo alle osservazioni di Marte, ma ancora a quelle di Giove e di Saturno. Anche a questi fu assegnato pertanto il proprio eccentrico mobile, e il Sole come centro di movimento. Così mentre invano i fautori delle sfere omocentriche si applicavano per adattarle ai fenomeni, da uno studio più accurato di questi nacque, per la prima volta l'idea di porre il centro comune delle orbite dei cinque pianeti minori nel Sole; la Terra rimanendo centro dell'universo, e centro ancora della rivoluzione mensile della Luna, e della rivoluzione annua del Sole. Questo è lo schema conosciuto sotto il nome di

sistema di Ticone, dal nome dell'astronomo che lo inventò per la seconda volta alla fin del secolo XVI°; schema che fu per qualche tempo seguito da quelli, che ancora dopo Copernico volevano ad ogni costo mantenere l'immobilità della Terra.

Noi abbiamo detto che di questo nuovo concetto la parte riguardante Mercurio e Venere è dovuta ad Eraclide Pontico. Chi sia stato il primo ad estenderlo anche ai tre pianeti superiori, non risulta chiaramente dalle poche notizie che abbiamo. Solo è certo che fu, se non Eraclide Pontico stesso, un contemporaneo di lui; ed è certo ancora, che Eraclide conobbe questa estensione; infine è più che probabile, che egli l'abbia adottata. Vi aggiunse di proprio la rotazione della Terra intorno al suo asse, come abbiam detto.

V°- Così dunque, verso i tempi di Filippo Macedone, od al più tardi d'Alessandro Magno, erano i Greci pervenuti a rappresentarsi i movimenti planetari secondo il sistema che poi fu detto di Ticone; anzi ne avevano già sorpassato il concetto, introducendovi la rotazione della Terra, che da Ticone fu poi respinta. Ma dal sistema di Ticone a quello di Copernico è noto essere brevissimo e facilissimo il passaggio. La questione è ridotta a considerare il moto relativo del Sole e della Terra.

Da una parte abbiamo la Terra con un satellite unico, la Luna; dall'altra il Sole, corteggiato da cinque satelliti, cioè dai cinque pianeti minori, de' cui giri esso forma il centro. Se la Terra supponiamo fissa, ed il Sole facciamo che giri intorno ad essa di moto annuo, sempre restando centro alla circolazione dei cinque pianeti, e portando le orbite di questi con sé; abbiamo il sistema di Ticone. Se invece poniamo fisso il Sole e con esso il centro delle orbite dei cinque pianeti, e facciamo muovere intorno ad esso la Terra, restando questa sempre centro all'orbita della Luna, e portandola con sé nel suo giro annuale intorno al Sole; avremo il sistema di Copernico. Nel quale la Terra, perdendo il suo posto centrale nel mondo, viene arruolata nella schiera dei pianeti, null'altro distinguendola dagli altri, che l'unico satellite. Certo quest'ipotesi dovette sembrare motto ardita a chi primo la concepì, come quella che includeva la circolazione della Terra intorno al centro dell'universo; ma una tal circolazione non era idea interamente nuova, e le menti vi erano già avvezzate dal sistema di Filolao, dove si fa girare la Terra intorno al fuoco centrale.

Questo nuovo grado nella scala delle deduzioni non era dunque difficile ad essere superato; e lo fu infatti ancora vivente Eraclide Pontico. Egli stesso ci dà questa notizia, in un breve frammento, che per somma fortuna ci è stato conservato, e che costituisce uno dei documenti più importanti nella storia dell'astronomia [...**φησίν 'Ηοντιχός ό χαί χινουμένης πως τής τής, τοῦ δέ ήλίον μένοντός πως. Δύναται ή περί τόν ήλιον φαινομένη άνωμαλία αώζεσθαι**. Così scriveva Gemino, matematico contemporaneo di Cicerone, in un suo compendio della *Meteorologia* di Posidonio; e forse la citazione appartiene già a Posidonio medesimo. Da Gemino l'ebbe Alessandro Afrodisiense, che la riportò in un suo commentario (perduto) ad Aristotele in *Physica*; dal quale poi la riprodusse Simplicio (in *Ar. Phys.*, pag. 292, 21 sqq. Diels). Ciò che qui si chiama **ή περί τόν ήλιον άνωμαλία, da Ipparco e da Tolomeo nell'Almagesto è designato talvolta col nome di παρά τόν ήλιου άνωμαλία, tal'altra con quello di πρός τόν ήλιον άνωμαλία**; è un termine tecnico dell'antica astronomia, con cui si soleva indicare quella massima irregolarità dei movimenti planetari, da cui dipendono le stazioni e le retrogradazioni; irregolarità che sola era conosciuta al tempo di Eraclide Pontico. Questa anomalia è regolata dalla configurazione dell'astro rispetto al Sole e si manifesta in modo simmetrico a destra e a sinistra del medesimo; indi le sue varie designazioni.] Da esso apprendiamo, che non solo l'idea copernicana era stata afferrata, ma ancora si era giunti a comprendere, che per mezzo di essa si poteva dare una buona spiegazione delle irregolarità planetarie. Non è detto se tale scoperta. fosse fatta veramente da Eraclide o da altri. Ma se fu Eraclide il primo a concepirne l'idea, bisogna dire che non seppe apprezzarla in tutto il suo valore. Abbiamo infatti da notizie precise che egli manteneva fissa la Terra nel centro del mondo, pur ammettendone la rotazione diurna [Su ciò non rimane possibile dubbio; secondo Eraclide la Terra si muoveva non di moto traslatorio, ma di moto rotatorio, **ού μήν γε μεταβατιχώς άλλή τρεπτιχώς**. (Doxogr., pag. 378, 10 sqq.).]

Eracide Pontico sembra finisse la sua carriera premo a poco nel tempo medesimo che Aristotele, ad ogni modo intorno al 320 o pochi anni prima. L'indipendenza e l'originalità delle sue opinioni, che gli avevano procurato l'appellativo di **παραδοξολόγος**, non erano proprie ad assicurargli molto credito presso le due scuole dominanti m quel tempo, degli Accademici e dei Peripatetici; il Pitagorismo, come scuola filosofica, era ormai ridotto al nulla. Eraclide medesimo non poté, o non volle, essere caposcuola; di lui non si sa che lasciasse alcun discepolo; né alcun rappresentante delle sue dottrine, altro che i suoi libri. Questi sono oggi tutti perduti. Non è certo neppure, che egli facesse una esposizione accurata, e confortata da prove geometriche, delle ipotesi cosmiche da lui approvate od almeno considerate come possibili teoreticamente. L'idea copernicana, da lui conosciuta, ma non coltivata, sarebbe probabilmente ritornata nell'oscurità da cui egli l'aveva tratta per un momento, se intorno a mezzo secolo dopo non avesse cominciato ad occuparsene il gran matematico ed astronomo Aristarco di Samo, la cui vita possiamo collocare approssimativamente fra il 310 e il 240 avanti Cristo.

VI°- Secondo che Archimede attesta nel suo *Arenario,* Aristarco pubblicò la descrizione di certe ipotesi, nelle quali è impossibile non ravvisare il sistema di Copernico. I pochi cenni di Archimede e di alcuni altri scrittori sono sufficienti a produrre in noi la convinzione che egli si rendeva conto esatto delle conseguenze di questo sistema, e delle obbiezioni che ad esso si potevano fare. Il Sole era collocato da Aristarco nel centro del mondo; intorno ad esso si aggiravano con moto circolare ed uniforme sei pianeti, fra i quali un solo, cioè la Terra, era provveduto di satellite. Tutti questi movimenti avevano luogo nel piano obliquo dello zodiaco. La Terra poi aveva, oltre al moto di rivoluzione nel piano dello zodiaco, anche un moto rotatorio intorno ad un asse proprio, il quale conservava una direzione costante verso i poli della sfera celeste. Lo spostamento apparente, che dal moto della Terra doveva derivare per le stelle fisse, era da lui evitato, od almeno ridotto a misura insensibile, col supporre che queste si trovassero ad una distanza dal Sole molte e molte volte più grande che il raggio dell'orbe terrestre: ciò che, come ognun sa, è pienamente conforme al vero.

Opportuno sarà di notare qui, che Aristarco e prima di lui Eraclide poterono arrivare al concetto eliocentrico senza mai dipartirsi dai principi fisici fin allora ritenuti come plausibili in questa materia, e soprattutto senza introdurre nel cielo alcuna circolazione intorno a punti ideali e privi d'ogni fisica entità: Questo si fece più tardi dai matematici, i quali delle ragioni fisiche non solevano tenere gran conto. Ma Aristarco non era matematico soltanto; egli aveva atteso altresì alla parte fisica di tali questioni, ed era stato discepolo di Stratone Lampsaceno, cui fu dato il nome speciale di *Fisico,* perché nella Fisica poneva la base principale del suo insegnamento.

Tale ripugnanza ad ammettere circolazioni dei corpi celesti intorno a punti ideali fu la principale causa che accelerò l'avvento dell'idea copernicana. Infatti posta una volta la condizione impreteribile, che un astro non potesse circolare che intorno alla Terra od intorno ad un altro astro, due ipotesi soltanto rimanevano capaci di soddisfare all'anomalia dei pianeti con moti circolari ed uniformi; e sono l'ipotesi di Eraclide Pontico (e di Ticone), per chi voleva fissa la Terra al centro del mondo; e l'ipotesi di Aristarco (e di Copernico), per chi consentiva alla Terra di muoversi come un astro qualsiasi. Perciò arriviamo a questa conseguenza singolare, ma pur vera; che se motivi d'altro ordine non fossero intervenuti a turbare l'andamento naturale dei ragionamenti, ed a consigliare l'adozione di ipotesi più consentanee a certi pregiudizi delle scuole, i Greci non avrebbero avuto da scegliere che fra le due ipotesi sopradette, e quindi forse più presto sarebbero giunti alla verità. Invece avvenne che le idee di Eraclide Pontico rimanessero quasi intieramente ignorate; quelle di Aristarco poi vissero ancora per qualche tempo presso discepoli di oscura fama, fra i quali non si cita che un nome, quello di Seleuco Babionico. E quantunque il nome di Aristarco fosse in tutta l'antichità celebratissimo, le sue dottrine sul sistema del 'mondo furono ricordate soltanto come opinioni bizzarre e singolari, facili .ad essere confutate con, argomenti allora in apparenza invincibili, e di cui soltanto diciannove secoli dopo si cominciò ad apprezzare giustamente la totale insufficienza

VII°- La difficoltà di far prevalere nell'opinione universale il concetto della mobilità della Terra, contro i dogmi considerati come indiscutibili dai Platonici, dai Peripatetici, e poco dopo anche dagli Stoici, non permise che le idee di Eraclide e di Aristarco portassero i loro frutti. Quando i matematici finirono per convincersi che le ipotesi omocentriche di Eudosso e di Calippo erano insufficienti a salvare i fenomeni, si diedero ad escogitarne altre, che non fossero in così flagrante contraddizione coi placiti delle scuole dominanti. A tal fine essi abbandonarono il principio fino allora tenuto fermo, che ogni circolazione di un astro dovesse farsi intorno al centro del mondo, od almeno intorno ad un altro astro. Profittando del concetto Eraclideo di una circolazione secondaria, essi soppressero l'astro che di tali circolazioni fino allora avevano formato il centro, e così arrivarono al concetto dell'*epiciclo;* cioè di una circolazione secondaria, al centro della quale nulla esiste che abbia una fisica entità o sia contrassegnato in qualsiasi modo.

Di questo nuovo meccanismo la più antica menzione si trova presso Apollonio di Perga (270-200) che fu di circa mezzo secolo più giovane d'Aristarco, e anche un poco più giovane di Archimede. Esso aveva il vantaggio di prestarsi in modo facile a rappresentare la principale anomalia dei pianeti, senza che per ciò fosse necessario abbandonare il concetto dell'immobilità della Terra inoltre, convenientemente applicato dava il mezzo di conservare a certa uniformità nelle ipotesi di tutti e sette gli astri erranti per lo zodiaco, non esclusa la Luna ed il Sole. Il metterli tutti e sette nella medesima categoria importava moltissimo in un tempo, in cui cominciava a farsi sentire nell'astronomia l'influsso dell'astrologia matematica, portata in occidente da Beroso Caldeo intorno

al 260, e coltivata più tardi con zelo degli Stoici e dai Neopitagorici. È facile comprendere infatti, come le ipotesi di Eraclide Pontico, e ancora più quelle d'Aristarco, dovessero riuscire incomode ad una dottrina fondata essenzialmente sull'immobilità della Terra al centro del mondo, e sull'ordine regolare dei sette pianeti destinati ad esercitare i loro influssi sugli umani eventi per mezzo delle reciproche loro configurazioni. Caratteristiche a questo riguardo sono le espressioni di Dercillida, filosofo Platonico, il quale, secondo che narra Teone Smirneo [*De astronomia*, pag. 328, Martin (pag. 200, 11 Hiller)], dichiarava degni di maledizione tutti quelli che mettono in quiete il cielo, ed in moto la Terra, *sconvolgendo così i principi dell'astrologia.*

Ma un altro fatto ancora cospirava a render poco accettabile agli astronomi di quel tempo le ipotesi di Eraclide e di Aristarco. Infatti la loro simmetria e semplicità era dovuta principalmente a ciò, che in esse tutti i 'movimenti si supponevano esattamente circolari, concentrici ed uniformi. Ma come ognun sa, le vere orbite dei pianeti intorno al Sole, e della Luna intorno alla Terra, non sono circolari, ma leggermente ellittiche; non sono riferite al centro delle ellissi, ma al foco; in queste orbite i movimenti non possono essere considerati come uniformi se non in modo grossolano ed approssimativo. Diventava per tal modo impossibile ottenere l'esatta rappresentazione dei fenomeni con quelle supposizioni troppo semplici; e sotto un'altra forma s'imponevano anche qui gli eccentrici e gli epicicli, dai quali neppur lo stesso Copernico poté liberarsi, neppur Ticone, ma soltanto Keplero, introducendo le sue ellissi invece dei circoli. Adunque il principio mantenuto da Eraclide e da Aristarco, di *non ammettere circolazioni intorno a punti ideali,* andava perduto; con essa andavan puro perdute la simmetria e la semplicità che distinguevano quelle costruzioni. Poiché dunque da un lato gli eccentrici e gli epicicli s'imponevano in qualunque modo, ed era forza ammettere nel cielo circolazioni intorno a punti ideali privi di fisica entità; e poiché d'altra parte i geometri avevan trovato il mezzo di rappresentar con sufficiente esattezza, per mezzo di questi nuovi ordigni, l'andamento dei fenomeni celesti senza muover la Terra e senza toglierle la posizione assegnata dai dogmi dell'astrologia: qual ragione rimaneva ancora di attenersi alle speculazioni, soltanto a mezzo elaborate, di Eraclide e d'Aristarco?

Adunque il regresso che avvenne, quando s'introdussero nell'astronomia gli eccentrici e gli epicicli, fu conforme all'ordine naturale delle cose. Rimaneva però da parte dei fisici un'obbiezione gravissima. Come ammettere che un corpo libero ed isolato, qual'è un astro, sia regolato e frenato nei suoi movimenti da un centro ideale e privo d'ogni fisico influsso, in nodo da essere costretto ad aggirarsi intorno a quello con moto regolare e uniforme? A questa difficoltà provvide col tempo la sagacia dei Peripatetici, presentando la teoria del moto epiciclico sotto una forma assai diversa dall'originaria, e facendone quasi una modificazione delle sfere d'Eudosso. Essi supposero per ciascun pianeta una sfera cava trasparente, concentrica alla Terra, di cui facevano il raggio esteriore uguale alla massima distanza del pianeta. e uguale alla minima distanza il raggio della cavità interiore.

Rivolgendosi questa sfera intorno ad un asse perpendicolare allo zodiaco o quasi, conduceva lungo lo zodiaco in giro, incastrato nella sua grossezza, un globo pur trasparente, il cui diametro era uguale a quello dell'antico epiciclo. Il globo poi, ruotando anch'esso sui propri poli con proprio periodo, portava, incastonato solidamente in un punto del suo equatore, il pianeta, sola parte visibile di sì enorme compagine. Questo globo rappresentava l'epiciclo, .del quale così il centro era centro 'del globo, ed otteneva in questo modo un significato meccanico molto evidente. Pertanto il globo colla sua rotazione provvedeva a ciò che prima si rappresentava col moto dell'epiciclo; col suo moto periodico, che portato dalla sfera cava faceva intorno alla Terra, dava luogo alla rivoluzione siderale. Così tutto era accomodato ai dettati della fisica Aristotelica, non meno bene che prima fossero le sfere omocentriche d'Eudosso. Ai Platonici poi non ripugnava un meccanismo, che non troppo differiva da quello spiegato da Platone nel X° della *Repubblica;* anzi alcuni di essi andavano ripetendo, che gli epicicli ed i globi loro equivalenti erano invenzione di Platone, e che queste appunto fossero le *Sirene.* da lui poste a produrre il concento armonico dell'universo.

Così incontrò molto favore la teoria delle sfere solide, la quale offriva una certa base fisica all'ipotesi degli epicicli. Essa apparve col rifiorire delle scuole Aristoteliche nel secolo che precedette l'era volgare, e continuò ad essere insegnata nei secoli seguenti e per tutto il medioevo fino quasi alla fine del secolo XVII, quando Newton aveva già proclamato il vero principio fisico dei movimenti planetari, quello dell'attrazione universale fra tutte le parti della materia.

Dal periodico "Atene e Roma", «Bullettino della Società Italiana per la diffusione e l'incoraggiamento degli studi classici».
Anno I°, n° 2 – marzo-aprile 1898.