
Comitato per la Edizione Nazionale delle Opere di

FEDERIGO ENRIQUES

ENRIQUES, FEDERIGO

Il problema della forma della terra nell'antica Grecia

Period. di Matem. (IV) VI (1926), pp. 73-98.



L'utilizzo di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali.

Il presente testo è stato digitalizzato nell'ambito del progetto "Edizione nazionale delle opere di Federigo Enriques"

*promosso dal
Ministero per i Beni e le attività Culturali
Area 4 – Area Archivi e Biblioteche
Direzione Generale per i Beni Librari e gli Istituti Culturali*

Il problema della forma della Terra nell' antica Grecia

1. Introduzione.

Le più antiche notizie che la tradizione ci ha tramandato intorno alle idee sulla forma della terra presso i Greci, vengono interpretate di solito secondo un criterio un po' semplicistico: si considera che l'idea della terra sferica, per il suo avvicinamento alla realtà, in confronto alla veduta della terra piana, debba rispondere ad un'epoca più matura e ad un progresso della scienza, e conseguentemente la critica respinge come false e contraddittorie tutte le testimonianze che accennano al possesso di tale idea da parte dei più antichi pensatori.

Il criterio sopra accennato si esprime già nel titolo della dissertazione di T. H. MARTIN: *Mémoire sur les hypotèses astronomiques des plus anciens philosophes de la Grèce étrangers à la notion de la sphéricité de la terre* (1).

Conformemente a codesto criterio la nozione della terra sferica viene ritenuta come una scoperta della scuola pitagorica, a cui — con meraviglia — si vedono i fisici jonici, per oltre un secolo, rimanere estranei: attaccati, come essi sono, alla concezione della terra piatta. E siffatto persistente attaccamento si è condotti a spiegare ammettendo che fra tali pensatori, anche i più colti e i più arditi — che per tanti aspetti si sciolgono da una ristretta veduta geocentrica ed

(1) Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres t. XXIX, pag. 29 (1879).

antropocentrica — rifiutino di superare le comuni apparenze, ovvero che essi — pure, come diremo, riattacantisi per altri problemi alle speculazioni pitagoriche ed eleatiche — ignorino in questo punto le ragioni matematiche elaborate dai filosofi italiani.

D'altra parte la ricostruzione che così viene offerta delle idee cosmologiche dei Greci, lascia inesplicate alcune singolari dottrine, che si professavano nella scuola pitagorica, come quella che — sopprimendo il sole — spiegava il giorno e la notte colla rotazione di un emisfero di etere luminoso attorno alla terra.

Queste considerazioni ci hanno mosso a riesaminare criticamente le fonti e a tentare una ricostruzione storica delle idee, che riesce a spiegare in nuovo modo lo sviluppo della teoria della forma della terra, nella cultura greca: l'acquisto maturo della scienza in questo dominio sembra così risultare da una vera collaborazione delle contrapposte vedute degli Jonici e dei Pitagorici.

Riassumeremo qui brevemente i criterii direttivi e le conclusioni della ricerca, che hanno formato argomento di una conferenza tenuta al Seminario della Facoltà matematica di Roma il 26 gennaio 1924.

2. L'idea della terra sferica nella più remota antichità.

Vi sono serii indizii che una qualche idea della sfericità della terra si sia affacciata, in una remota antichità, presso popoli con cui i Greci sono venuti a contatto ⁽¹⁾. La difficoltà di appurare quest'ipotesi è in rapporto colla distinzione che si deve fare tra le credenze popolari, a cui si riferiscono in genere le notizie tradizionali, e le opinioni che potevano essere ricevute o discusse negli ambienti colti delle classi sacerdotali.

(1) Ciò ammette, fra le autorità da noi consultate, soltanto il BERGER. *Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen*, Lipsia 1908 (pag. 34).

Comunque sembrano accennare ad una tale veduta:

1) Le antiche cosmogonie recanti il paragone del mondo con un uovo di cui la terra rappresenta il torlo.

2) Il mito frigio della Dea Cibele ~~d~~ cui nei versi di LUCREZIO (1):

Hanc veteres Graium docti cecinere poëtae

 sedibus in curru biugos agitare leones
 aëris in spatio, magnam pendere docentes
 tellurem, neque posse in terra sistere terra;

3) Infine le indicazioni che il PUINI (2) ha trovato di un'antichissima scuola cinese che sosteneva l'idea dello spazio vuoto (immaterialità del cielo) e della sfericità della terra: sebbene la dottrina della terra piana prevalga poi in Cina, fino al 16° secolo dell'era volgare. Infatti il SU-WEN, citato nel *Thien-yuen*, contiene questo dialogo (3):

« Il re HWANG-TI (2698 a. C.) domandò a KI-PE:

« La terra è in basso?

« KI-PE rispose: la terra è in basso relativamente all'uomo, ma è nello spazio.

« Il re disse: su che si appoggia?

« KI-PE rispose: il grand'Etere la sostiene. Imperocchè il Cielo, la Terra e tutte le cose non sono che un solo Etere. L'etere rarefatto forma il cielo, condensato la terra. Le energie attive e passive combinate insieme, e le forme che per tal modo si compongono, sono le cose. Insomma la materialità, le apparenze esteriori, il moto, la quiete, non sono altro che etere (*Ki*). Ma gli uomini, conoscendo troppo vagamente e in confuso l'Etere che riempie lo spazio, non sanno intendere come mai questa terra così pesante, possa a guisa di barca andare errando per l'immensità, e fanno fra loro stessi queste domande: in qual modo, si chieggono, la terra riesce a star sollevata negli spazi vuoti? può esservi al di sotto della terra, altro cielo? ».

(1) *De Natura rerum*, II, v. 600 (ed. Giussani).

(2) « Rivista geografica italiana », I, 10 e II, 1 (1894-95).

(3) PUINI, l. c. I, 10, pag. 622.

Questi argomenti lasciano presumere che qualche presentimento della sfericità della terra debba aversi anche presso Egiziani e Caldei che coltivarono l'osservazione astronomica fin dai tempi più antichi. E, come abbiamo accennato, non potrebbe addursi la prova negativa che non se ne trovi traccia nelle rappresentazioni cosmogoniche popolari riferite dal MASPERO ⁽¹⁾ o dallo JEREMIAS ⁽²⁾.

D'altronde l'opinione che la terra sia sferica viene attribuita a TALETE di Mileto (il primo degli Jonici, che viveva agl'inizii del 6° secolo a. C.) in un passo dei *Placita* dello PSEUDO-PLUTARCO che il DIELS fa risalire ad AETIUS ⁽³⁾. A rigore questa testimonianza non sarebbe irconciliabile con quella di ARISTOTELE ⁽⁴⁾ che TALETE ritiene la terra come una tavola galleggiante sull'acqua: poichè potrebbe aversi un globo terracqueo in cui la parte terrosa spianata sia sostenuta dall'acqua; ma resterebbe poi da accordare questa veduta colla concezione peculiare di TALETE che considera l'acqua come materia cosmica primitiva. Forse è preferibile non inoltrarsi in congetture un po' arbitrarie, giacchè potrebbe anche darsi che il Milesio non avesse escogitato una ipotesi propria sul sistema del mondo, e si fosse limitato a raccogliere diverse opinioni: nel qual caso il riferimento dei dossografi avrebbe pure un qualche valore indicativo.

Aggiungiamo questa osservazione. È conforme alla tradizione che TALETE abbia avuto rapporti coi sacerdoti dell'Egitto e della Caldea, dai quali verosimilmente dovette apprendere la misura del diametro apparente del sole cui accenna DIOGENE LAERZIO ⁽⁵⁾: sebbene l'espressione troppo precisa della misura (1:720 del circolo descritto dal sole), sollevi i dubbi dei critici (TANNERY, HEATH), si ammette tuttavia che una conoscenza di essa fosse posseduta da Egiziani e Caldei fino da tempi remotis-

⁽¹⁾ *Histoire ancienne des peuples de l'Orient classique, Les Origines.* Parigi, 1895 (pag. 16 e 543).

⁽²⁾ *Handbuch der altorientalischen Geisteskultur.* Lipsia, 1913 (pagg. 35, 56, 61).

⁽³⁾ *Doxographi graeci.* 376 a, 22).

⁽⁴⁾ *De Caelo.* II, 13 (7).

⁽⁵⁾ I, 24 cfr. DIELS, *Fragmente der Vorsokratiker.* 3^a ed. vol. I, 1912: A. 1 (pag. 1, 23).

mi (circa 16 secoli a. C. per lo HULTSCH), e che il metodo seguito — secondo un'indicazione di CLEOMEDE — consistesse nel valutare colla clessidra il tempo della levata del sole ⁽¹⁾. Ora questo metodo sembra escludere in qualche modo la rappresentazione egiziana popolare, offerta dal MASPERO, secondo la quale la levata del sole costituirebbe un momento eccezionale del suo corso, perchè il sole — descrivendo solo un semicerchio — si alzerebbe al mattino, non verticalmente, ma sollevandosi da una posizione orizzontale.

Vi sono anche indizii che un'ipotesi della terra sferica circolasse presso gli Jonici, nello stesso tempo in cui i maggiori filosofi — per le ragioni che vedremo più avanti — davano la prevalenza all'ipotesi della terra piana. Infatti alla sfericità si accenna in uno scritto *Sul numero sette* che trovasi inserito nel *Corpo Ippocratico*, ma che in base ad un appropriato esame critico il ROESCHER ha riconosciuto risalire ad un'epoca assai più antica, e cioè ai tempi di TALETE e d'ANASSIMANDRO: sebbene di questo scritto sia perduto l'originale, ne è giunta a noi (oltre a due traduzioni latine oscure ed indecifrabili) una traduzione araba, che CH. HARDER ha volto in tedesco ⁽²⁾.

Tutti i motivi citati concorrono a rendere probabile che, fin da principio, la scienza greca si sia trovata di fronte ad una veduta della terra sferica, che i filosofi debbono aver discussa anche se poi sieno stati condotti a respingerla per qualche ragione.

Ad ogni modo questa è l'ipotesi che stà a base del nostro tentativo di ricostruzione storica: si tratta di saggiarne il valore, esaminando come essa sia atta a render conto delle testimonianze e a spiegare lo sviluppo delle idee presso i pensatori particolarmente Ionici, che per un apparente regresso han suggerito una diversa prospettiva di queste teorie.

⁽¹⁾ Per una discussione approfondita intorno a ciò cfr. TH. HEATH: *Aristarchus of Samos*. Oxford, 1913, pag. 22.

⁽²⁾ Di questa versione a sua volta A. MIELI ha dato una versione italiana inserita nel § 10 del Cap. I del suo libro *Le Scuole Jonica, Pythagorica ed Eleata*. Firenze, « La Voce », 1916, pag. 106.

3. Le idee di Anassimandro.

ANASSIMANDRO — il secondo dei naturalisti milesii, di cui, con APOLLODORO, si può fissare la nascita al 611 a. C. — deve richiamare anzitutto la nostra attenzione. Le sue idee sulla forma della terra si possono ricavare dalle seguenti fonti:

1) ARISTOTELE (*De Caelo*, II, 13 (19)) dice:

« Vi sono alcuni che ritengono la terra star ferma per la simmetria (ἰσότης), come fra gli antichi Anassimandro; infatti non c'è ragione che si muova piuttosto in su che in giù o da una parte, poichè si trova nel centro e similmente posta rispetto agli estremi, nè può muoversi simultaneamente in sensi contrari ».

2) Numerosi dossografi (IPPOLITO, lo PSEUDO-PLUTARCO che il DIELS riconduce ad AETIUS ⁽¹⁾) attestano che Anassimandro concepiva la terra come un'assisa di colonna o come un cilindro di cui l'altezza sarebbe un terzo del diametro della base.

3) DIOGENE LAERZIO ⁽²⁾ attribuisce ad Anassimandro la veduta della terra sferica.

La prima testimonianza ha, ai nostri occhi, il più gran valore. Essa ci mostra che l'antico filosofo milesio, ha dovuto riflettere sul problema « come la terra stia sospesa nello spazio senza cadere » ed ha risolto la difficoltà riconoscendo che l'alto e il basso sono indicazioni puramente relative alla posizione nostra, e non hanno più senso per la terra, in ordine all'universo che la circonda. Oltre a questo *principio di relatività*, l'argomento di Anassimandro (l'equilibrio dedotto dalla simmetria delle cause) offre pure quel *principio di ragion sufficiente* che il LEIBNIZ ⁽³⁾ doveva ritrovare in un argomento analogo di ARCHIMEDE, affermando l'equilibrio della bilancia caricata da due pesi uguali.

Ma giova osservare che cosa importi il principio di simmetria di Anassimandro rispetto alla forma della terra. Se

⁽¹⁾ DIELS: Dox. 559, 24; 579, 11; 376, 24. Cfr. *Vorsokratiker*. 10 (pag. 16, 15); 11 (pag. 16, 32); 25 (pag. 20, 14).

⁽²⁾ II, 1 in *Vors.* 1 (pag. 15, 5).

⁽³⁾ 2^a lettera a CLARKE ed Erdmann, pag. 748.

esso deve valere in senso rigoroso, bisogna che la terra sia sferica: soltanto così può trovarsi equidistante dal cielo in tutte le direzioni. Proprio questa interpretazione dell' argomento anzidetto è data da PLATONE che — nel *Fedone* 108 c. — fa dire a SOCRATE:

« Anzitutto io sono persuaso che, se la terra è rotonda e sta nel mezzo, non ha bisogno per non cadere nè d'aria nè d'altro che la sostenga, ma basta per ciò la sua posizione simmetrica rispetto al cielo che la circonda e l'eguale distribuzione del suo peso (*ἰσορροπία*)... ».

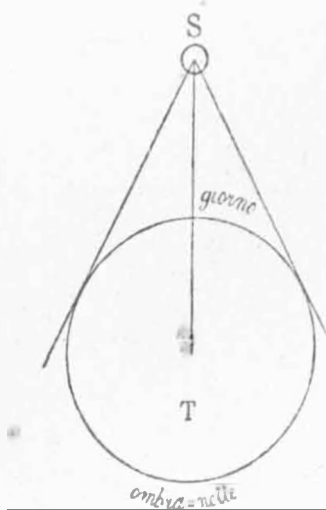
E sostanzialmente al medesimo principio si riconduce ARISTOTELE, ove deduce la forma sferica della terra dalla eguaglianza della pressione dei pesi, tendenti verso il centro in tutte le direzioni, accennando che tale forma — se non fosse *per natura* — dovrebbe esser presa dalla terra all'origine del processo cosmogonico, secondo le vedute di alcuni naturalisti che presumono un primitivo stato liquido.

Ora, se l'argomento di ANASSIMANDRO, rigorosamente inteso nella sua accezione geometrica, importa la sfericità della terra, si è naturalmente condotti a pensare che questa idea non potesse essergli estranea, sebbene le testimonianze concordi dei dossografi ci costringano ad ammettere che egli abbia accolto poi una veduta diversa. Non è difficile d'altronde conciliare il riferimento dei dossografi con quello di DIOGENE LAERZIO, supponendo che il processo cosmogonico anassimandreo — in cui la sostanza primitiva (*τὸ ἀπειρον*) passa da uno stato iniziale gassoso ad uno stato solido, attraverso il liquido — derivi appunto la terra da un globo acqueo, cui appartenga in origine la forma sferica. Questa veduta, già affacciata da TEISCHMÜLLER, conserva il suo valore se anche non si accolga l'interpretazione un po' sforzata d'un testo con cui l'A. ha tentato di suffragarla ⁽¹⁾.

Ma bisogna spiegare perchè mai il filosofo milesio possa essersi indotto a modificare la primitiva forma sferica della terra (offerta a lui dalla tradizione o, comunque, concordante col suo principio di simmetria) per ridurla ad un tronco di cilindro o — se si preferisce — ad uno sferoide appiattito.

(1) Cfr. DIELS, *DOX.* pag. 218.

Due motivi possono essere invocati a tale proposito. ammette che il Nostro abbia avuto un'intuizione, più o chiara, della forza centrifuga, che tende appunto a schiacciare una massa fluida rotante; ed anzi ch'egli ritenesse cod'effetto come relativo, attribuendolo egualmente alla rotazione del mondo attorno alla terra, considerata fissa: la quale in verità appare soltanto dopo la scuola d'Elea. Ovvero fa giuocare la difficoltà di metter d'accordo l'ipotesi del



terra sferica coll'eguale lunghezza dei giorni e delle notti, che in quell'ipotesi deve sembrare impossibile a chi non abbia un'idea adeguata della distanza del sole.

Non osiamo fermarci alla prima spiegazione, anche perchè non troviamo alcun accenno alla forza centrifuga, che si riferisce a naturalisti precedenti ANASSAGORA ed EMEDEOCLE⁽¹⁾. E però ci atteniamo alla seconda, che è di carattere affatto elementare. Invero la figura annessa mette in evidenza, che — ponendo il sole ad una

distanza comparabile alle dimensioni terrestri — le notti risultano sensibilmente più lunghe dei giorni.

ANASSIMANDRO sembra avere ovviato alla difficoltà anzitutto:

- 1) col porre il sole relativamente lontano dalla terra, cioè ad una distanza di 27 volte il raggio terrestre⁽²⁾; e
- 2) immaginando, come si è detto, la terra schiacciata, sicchè la sua altezza si riduca ad $\frac{1}{3}$ del raggio.

In tal guisa la differenza fra i giorni e le notti diventa praticamente trascurabile.

Qui conviene osservare che i numeri di ANASSIMANDRO non sono così arbitrarii come generalmente si crede: la mistica del 3, a cui si sogliono riconnettere, funge in effetto soltanto come criterio determinativo, cioè come complemento

⁽¹⁾ Per questi cfr. *Actii Placita*, II, 13 in *DIELS, DOX.* pag. 341.

⁽²⁾ IPPOLITO, *Ref.* I, 6 (5), *Actius* II, 20, 1, e II, 25, 1 in *Vors.* II, (pag. 17, 1), 21 (pag. 19, 27), 22 (pag. 19, 33).

all'ipotesi di semplicità della natura, che il Nostro introduce prestando al sole dimensioni uguali a quelle della terra. Infatti, date queste dimensioni, diventa possibile di calcolare la distanza del sole in base alla sua grandezza apparente, cioè all'angolo sotto cui esso è veduto da un osservatore terrestre: la stima di meno che 30 raggi corrisponde a un angolo di 2°, che in realtà, — se pure maggiore del vero — poteva bene essere adottato da chi difetti di precisi strumenti di misura, tantochè si trova in tempi più recenti nel trattato di ARISTARCO di Samo, mentre — secondo MACROBIO — pare che presso gli Egiziani lo stesso angolo sia stato stimato 1° e $\frac{2}{3}$ (¹).

4. La terra piatta: Anassimene, Anassagora e Democrito.

Ma, dopo ANASSIMANDRO, le anzidette misure appaiono modificate in maniera assai singolare: la terra viene concepita come piatta e il sole estremamente ravvicinato. Così infatti i dossografi ci dicono che per ANASSIMENE la terra aveva la forma di una tavola (*τραπέζοειδής*) e per LEUCIPPO e DEMOCRITO di un timpano o risp. di un disco. E d'altra parte la distanza del sole e le dimensioni del mondo per la scuola ionica risultano da testimonianze concordi di ARISTOTELE e dei dossografi, su cui dovremo fermarci.

Fra queste testimonianze notiamo anzitutto un passo del *De Caelo* aristotelico — II, 13 (10) — che dice ANASSIMENE, ANASSOGORA e DEMOCRITO ritenere la larghezza della terra piatta, sospesa nell'aria, essere la causa per cui la terra stessa sta ferma: infatti quest'aria non ha luogo sufficiente in cui espandersi e però deve rimaner ferma press'a poco come l'acqua nelle clessidre; molti segni dimostrano che l'aria compressa può sopportare un gran peso.

Di qui si rileva anzitutto la concezione d'un mondo chiuso di forma sferica e una terra che dimezza quasi la

(¹) Cfr. HEATH, op. c. pag. 22-23 e 311-12.

sfera celeste, e però ha un raggio di poco inferiore alla distanza del sole; ma il passo aristotelico suggerisce anche la veduta che i nominati Jonici ritornassero dalla veduta geometrica relativistica di ANASSIMANDRO alla veduta empirica ed antropocentrica per cui l'alto e il basso vengono concepiti come assoluti.

Orbene, il confronto coi dossografi permette di accogliere questa interpretazione soltanto nei riguardi di ANASSIMENE, poichè di lui ci vien detto (1) che supponeva il sole e gli astri, durante il periodo del loro moto in cui restano invisibili, non già passare al disotto della terra, bensì girarle attorno, sicchè il movimento complessivo della volta cristallina del cielo viene paragonato a quello d'un berretto da notte, che giri intorno alla testa.

Il TANNERY riconosce qui una nota rappresentazione caldaica e suppone che, appunto per suggerimento venutogli da questa parte, ANASSIMENE sia stato indotto ad elaborare e modificare in tal guisa il sistema del suo predecessore: e, a dir vero, se non può essergli sfuggito il significato *geometrico* dell'argomento relativistico, è comprensibile tuttavia che di fronte ad esso egli abbia mantenuto all'alto e al basso un significato *fisico* assoluto, in rapporto ai pesi, come sembra indicare la più immediata generalizzazione dei dati empirici.

Ma per quel che concerne ANASSAGORA (circa 500-428 a. C.) e tanto meno DEMOCRITO (circa 460-360 a. C.), non possiamo vedere nel passo citato del *De Caelo* che un'interpretazione peggiorativa delle loro opinioni. Manteniamo questa tesi anche per ANASSAGORA, pur avendo presente il passo della *Metereologia* (II, 7 (3)) in cui lo stesso ARISTOTELE gli rimprovera di aver detto che i terremoti traggono origine dall'etere sprigionantesi dall'interno della terra e tendente all'alto, come se ciò significhi disconoscere la relatività della verticale.

Infatti è inconfutabile che:

1) ANASSAGORA ha ripudiato il sistema di ANASSIMENE ritornando alla concezione di ANASSIMANDRO (al cui sistema si è pure per tanta parte ispirato), col far proseguire il corso degli astri al di sotto della terra.

(1) IPPOLITO, Ref. I, 7, 6, in *Vors.* 7 (pag. 23, 25).

2) I frammenti stessi di ANASSAGORA indicano che egli si rappresenta la gravitazione come tendenza dei corpi più densi al centro del mondo e dei più leggeri alla superficie terminale; la tendenza selettiva della materia, che unisce il simile al simile, provenendo dal movimento rotatorio cagionato dal *Nous*. Qui si può osservare che il concetto della gravitazione, come attrazione del simile verso il simile si ritrova in PLATONE, e che la chiara esposizione di questi non sembra essere stata meglio compresa da ARISTOTELE (4).

3) Il concetto anassagoreo della gravitazione che si desume dai propri frammenti è pure convalidato dalla testimonianza di DIOGENE LAERZIO (II, 3 (8)).

4) Il concetto volgare dell'alto e del basso, attribuito ad ANASSAGORA, mal si concilierebbe coll'ipotesi di lui circa l'inclinazione della terra sul piano dell'orbita solare, avvenuto per una specie di Provvidenza (2); imperocchè ne sarebbe derivata la conseguenza che tutte le acque avrebbero dovuto precipitarsi verso la parte meridionale della terra.

5) Per DEMOCRITO l'ipotesi che potesse conferire all'alto e al basso il senso volgare, è da respingere, non solo in base al concetto generale del suo sistema ormai accolto dai più autorevoli critici recenti, bensì anche in base alla precisa testimonianza (3) che egli, al pari di PARMENIDE, faceva proprio l'argomento di ANASSIMANDRO sulla stabilità della terra, che significa appunto la relatività della verticale.

6) In maniera generale deve aggiungersi che l'opera di ANASSAGORA e di DEMOCRITO non può affatto concepirsi come indipendente da quella delle scuole pitagorica ed eleatica, in cui vedremo accolta l'idea della sfericità della terra: tutte le ricostruzioni della storia della scienza greca che assumono questo presupposto sono da ciò viziate nel loro fondamento. Basta invero considerare che la teoria anassagorea della materia composta di infinite qualità commiste, e poi quella atomica di LEUCIPPO e di DEMOCRITO, costituiscono

(4) Cfr. G. TEISCHMÜLLER, *Studien zur Geschichte der Begriffe*. Berlino 1874.

(2) *Aetius* II 8, 1 in Dox. 337 a 4, b 26. *Vors.* 67 A.

(3) *Aetius* III, 15, 7 in Dox. 380, 14. *Vors.* 44 A (pag. 145, 18).

due diverse risposte al paradosso sollevato dalla critica eleatica che dal monismo razionalmente sviluppato deduce l'impossibilità di qualsiasi divenire e quindi la negazione del mondo fenomenico. Di più i legami di DEMOCRITO coi Pitagorici — oltrechè risultare dalla sua geometria — sono attestati esplicitamente da DIOGENE LAERZIO (1).

Per tutti i motivi anzidetti vi è luogo ad indagare più profondamente il significato delle dottrine di ANASSAGORA e di DEMOCRITO, ed intanto ad interpretare il riferimento sopra citato di ARISTOTELE come accenno ad una veduta di ordine più elevato: forse ANASSAGORA e DEMOCRITO parlavano di una pressione dell'aria sulla terra che ne impedirebbe il movimento nel senso dell'asse, mentre — d'altra parte — ammettevano che la direzione di questo venga mantenuta dal movimento rotatorio del mondo. Invero quest'ultima opinione, che contiene un'esatta intuizione meccanica, è attribuita dallo stesso ARISTOTELE ad alcuni naturalisti, segnatamente ad EMPEDOCLE; e SIMPLICIO commenta che era anche la veduta di ANASSAGORA (2).

5. Possibile triangolazione del sole.

Ora dobbiamo fermare la nostra attenzione su questo punto: i fisici ionici, che riducono la terra alla forma appiattita d'una tavola, di altezza trascurabile, modificano in pari tempo anche la stima di ANASSIMANDRO della distanza del sole: che viene posto ad una distanza comparabile colle dimensioni terrestri. A tale stima, che è sempre stata oggetto di meraviglia, accenna ARISTOTELE, non soltanto nel passo del *De Caelo* sopra citato, ma più esplicitamente poco innanzi in *De Caelo* (II, 13 (5)), dove anche collega la piccolezza dell'anzidetta stima al rifiuto della rotondità della terra: sebbene in una maniera assai oscura.

Nell'ordine d'idee in cui abbiamo spiegato lo schiacciamento della terra per ANASSIMANDRO, il legame è evidente:

(1) IX, 34 in *Vors.*, vol. II, pagg. 11, 36; 12, 3.

(2) Cf. in specie *De Caelo*, II, 13 (14); SIMPLICIO, 236 a 25 ed. Heiberg, Berlino, pagg. 526-27.

se si avvicina il sole, l'eguaglianza dei giorni alle notti porta che il cilindro anassimandro debba venire appiattito.

Ma quali ragioni potevano indurre i nostri naturalisti ad avvicinare in tal guisa il sole alla terra e quindi ad impiccolire il sole? Siamo qui in presenza d'un'ipotesi arbitraria, ovvero possono presumersi ragioni plausibili che abbiano spinto alla sua accettazione?

GIOVANNI VACCA ⁽¹⁾, posto dinnanzi alla questione analoga, nello studio del sistema cosmico dei Cinesi, ha espresso una idea geniale, che porge anche qui la risposta più soddisfacente: se si cerca di misurare effettivamente la distanza del sole col procedimento della triangolazione, trascurando la curvatura terrestre, si è condotti appunto a trovare per questa misura il valore del raggio della terra!

La triangolazione, com'è noto, è quella operazione geodetica per cui guardando ad un punto inaccessibile C da due punti A e B , di cui si conosce la distanza, e misurando le inclinazioni dei raggi visuali AC e BC sopra la base AB del triangolo ABC , si deduce la grandezza di AC (e BC).

Senza bisogno d'invocare le formule trigonometriche a cui oggi si ricorre, quella operazione geodetica doveva esser nota in qualche modo fino da TALETE di Mileto, poichè PLINIO dice che egli misurava la distanza delle navi dalla spiaggia servendosi del teorema I, 26 dell'EUCLIDE ⁽²⁾.

Ora ai tempi di ANASSIMANDRO e di ANASSIMENE dovette introdursi presso i Greci un istrumento già usato dai Babilonesi ⁽³⁾: lo *gnomone*, che consiste in un'asticella verticale, con cui si può misurare l'inclinazione dei raggi solari. FAVORINO ⁽⁴⁾ attribuisce il ritrovato ad ANASSIMANDRO e dice che questi costruì un gnomone a Sparta; invece la stessa costruzione è attribuita da PLINIO ⁽⁵⁾ ad ANASSIMENE.

Pongasi che siano dati, sul terreno, due punti A e B , dei quali si sia misurato direttamente la distanza, e vogliasi deter-

⁽¹⁾ Atti della Società italiana per il progresso delle Scienze, Congresso di Roma 1911.

⁽²⁾ Cfr. TANNERY, *La Géométrie grecque*. Paris, Gauthier et Villars, 1887.

⁽³⁾ ERODOTO, II, 109.

⁽⁴⁾ In DIOG. II, 1; cfr. *Vors.* 1 (pag. 14, 7), 2 (pag. 14, 23), 4 (pag. 14, 28).

⁽⁵⁾ II, 186: *Vors.* A 14^a (pag. 25, 1).

minare la distanza di un punto inaccessibile C : a tale scopo basta misurare i due angoli che i due raggi visuali AC e BA fanno con la retta AB . Suppongasi invero, a titolo d'esempio, che la distanza AB sia di 3 km., che l'angolo dei raggi AC e AB sia retto e che l'angolo dei raggi BC e BA sia quello qui disegnato (la cui tangente trigonometrica vale $\frac{4}{3}$).



Allora si può risolvere il problema con una semplice costruzione sulla carta (p. e. su carta quadrellinata), che involge soltanto il concetto elementare della similitudine: infatti si tratta di costruire, in proporzione ridotta (p. es. in scala di 1: 100.000) il triangolo ABC , di cui assumeremo il lato AB , uguale a 3 cm., ovvero a tre lati del quadrello della nostra carta; misurando sulla stessa carta i lati AC e BC , si otterranno le distanze corrispondenti, con una semplice moltiplicazione per 100.000:

$$AC = 400.000$$

$$BC = 500.000.$$

Ora si può tentare di applicare questa costruzione al caso del sole, ove si facciano due osservazioni di esso da due stazioni A e B , che supporremo poste sopra un meridiano terrestre, a distanza conosciuta.

Si tratta di misurare la diversa inclinazione dei raggi solari colla retta AB . Ma, se A e B sono tanto vicini che da un punto si veda l'altro, la diversità dell'inclinazione dei raggi solari nei due punti è trascurabile, cioè i detti raggi appariscono come paralleli.

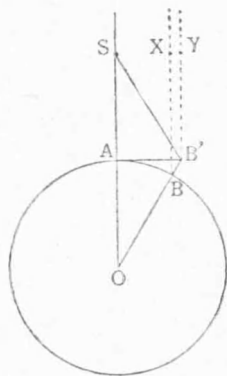
Per avere possibilità di successo conviene dunque scegliere due punti A e B così lontani che dall'uno di essi non si veda l'altro. Siccome sappiamo di esserci mossi secondo una data direzione (diciamo sopra un meridiano, p. es. da nord a sud) e siccome presumiamo che la terra sia piana, siamo condotti a scegliere come direzione della retta AB , la direzione orizzontale sud-nord in ciascuno dei due punti A e B .

In tale ipotesi, la diversa inclinazione dei raggi solari che lo gnomone ci permette di constatare nei due punti *A* e *B*, ci dà la distanza del sole: e qui giova avvertire che la misura diretta dell'ombra portata dallo gnomone supplisce — senza difficoltà — ad una vera misura goniometrica che forse si dava meno bene ai tempi di ANASSIMENE.

Ma il risultato che si ottiene per la via indicata, è affetto da un grosso errore, giacchè non si è tenuto conto della curvatura della superficie terrestre!

Diciamo subito che di fatto la variazione dell'obliquità dei raggi solari nei diversi luoghi della terra è praticamente dovuta — per intero — a codesta curvatura, la distanza del sole essendo così enormemente grande rispetto alle misure terrestri che i raggi solari si possono riguardare tutti come paralleli (quasi che il sole fosse a distanza infinita). Ma è facile constatare che gli stessi dati delle osservazioni si possono spiegare: sia coll'ipotesi di una terra sferica che sia investita parallelamente dai raggi solari, sia coll'ipotesi di una terra piana ove si assuma la distanza del sole approssimativamente uguale a quello che è — nella prima ipotesi (cioè nella realtà) — il raggio corrispondente alla curvatura della sfera. (Adottando un'ipotesi mista si è portati ad ingrandire la sfera terrestre in ragione dell'avvicinamento del sole; ma di ciò più avanti: cfr. § 10).

Tralascieremo la dimostrazione dell'asserto che — per chi abbia elementari cognizioni di geometria — viene suggerita dalla annessa figura: per semplicità si assume qui che il raggio solare in *A* sia verticale, si indica con *S* il sole, con *O* il centro della terra, e si prende naturalmente *AB* assai piccola rispetto ad *OA* (sicchè *B'* possa confondersi con *B*).



La conseguenza a cui conduce questo ragionamento è la seguente: ANASSIMENE, partendo dall'ipotesi della terra piana era condotto a valutare la distanza del sole, attribuendole un valore approssimativamente uguale a quello che — nella realtà — spetta al raggio terrestre, cioè (se le sue misure si presumono precise) da 6 a 7 mila km. Questa misura corri-

sponde assai bene alla valutazione che egli poteva dare della terra a lui conosciuta, ammesso ch'ei la considerasse come un circolo di 10 o 12 mila km. di diametro.

E pertanto si giustificano così le dimensioni cosmiche che ARISTOTELE attribuisce ai naturalisti ionici.

6. Dimensioni del sole per Anassagora.

Vi è luogo a convalidare queste deduzioni cercando una più precisa valutazione della distanza del sole presso codesti naturalisti. A tal uopo soccorrono le testimonianze dei dossografi, che ANASSAGORA riteneva la grandezza del sole *maggiore del Peloponneso* ⁽¹⁾, ovvero *più volte il Peloponneso* secondo il riferimento di AETIUS ⁽²⁾.

A dir vero le dimensioni del sole vengono così molto grossolanamente designate; ma, mettendo in relazione la grandezza col diametro apparente della massa solare, si ha un modo di valutare approssimativamente la distanza, secondo ANASSAGORA. Prendiamo p. es. come diametro medio della penisola peloponnesiaca 200 km. e poniamo questa lunghezza sopra una circonferenza di 40 mila km. (che è la lunghezza del meridiano, cioè d'una circonferenza avente come raggio il raggio terrestre); allora l'angolo secondo cui il sole sarebbe veduto dal centro in cui ci troviamo, sarebbe compreso fra 1° e 2°. Questa misura corrisponde alla stima del diametro apparente del sole che sembra venisse fatta a quell'epoca dagli osservatori caldei, e non eccede in ogni caso la valutazione che lo stesso ANASSAGORA poteva darne: vero è che l'angolo di cui si discorre è, nel fatto, circa $\frac{1^\circ}{2}$; ma la difficoltà di ottenerne una misura esatta risulta, come già notammo (§ 3), da ciò che — in tempi posteriori — ARISTARCO di Samo ha potuto attribuirgli (in una prima valutazione) il valore di 2°; sicchè, data la grossolanità

(1) DIOG., II (8) *Vors.* pag. 293, 26. IPPOLITO, Ref. I, 8 (8) in Dox. 562, 20, *Vors.* 42 (pag. 385, 8).

(2) II, 21, 3 in Dox. 351 a 10, *Vors.* 72 (pag. 391, 30).

delle misure, il calcolo precedente potrebbe accordarsi anche coll'ipotesi d'un sole doppio del Peloponneso.

Tutto sommato la conferma numerica riesce abbastanza soddisfacente.

7. Convessità della terra e grandezza del sole: dubbiose indicazioni su Archelao e Democrito.

Dopo ANASSAGORA l'attenzione degli scienziati sembra essere stata richiamata sul fatto che il sole si leva e tramonta a ore diverse col variare della longitudine: la quale osservazione viene messa in rapporto colla forma della terra da ARCHELAO ⁽¹⁾, discepolo di ANASSAGORA. Logicamente egli avrebbe dovuto dedurne che la terra è convessa; invece il testo greco afferma da ciò aversi un segno che è concava nella parte di mezzo: μέσον δὲ κοίλην. E la stessa espressione ricorre per DEMOCRITO, del quale è detto che supponeva la terra avere la forma d'un disco, cavo nel mezzo ⁽²⁾.

Ora non è possibile che quei geometri non si rendessero conto che la concavità della terra abitata porterebbe precisamente la conseguenza opposta al fatto osservato, cioè il sole sorgente più presto nei luoghi occidentali che negli orientali. Perciò crediamo che le indicazioni precedenti debbano interpretarsi, in conformità colla geografia ionica, nel senso che la concavità di cui si parla corrisponda al fondo del mare Mediterraneo: invece la terra dovrebbe avere la forma d'uno sferoide ellittico schiacciato, del quale ci troveremmo precisamente ad abitare un orlo convesso, leggermente incurvato.

In conseguenza DEMOCRITO ed ARCHELAO dovevano stimare il sole più grande che ANASSAGORA. Di ciò si può forse vedere una conferma nel riferimento di CICERONE ⁽³⁾ che *sol Democrito magnus videtur*. (Per ARCHELAO è detto soltanto che faceva il sole maggiore degli altri corpi celesti).

⁽¹⁾ IPPOLITO, Ref. I, 9 in Dox. 563, 27. Cfr. Vors. A (pag. 411, 37).

⁽²⁾ Aetius III, 10, 5 in Dox. 377, 4: Δεύξιππος τριμυκονοειδῆ Δημόκριτος εὐσκοιοειδῆ μὲν τῷ πλάτει, κοίλην δὲ τῷ μέσῳ.

⁽³⁾ Vors. A. 87 (vol. II, pag. 32, 5).

8. La terra sferica e l'ipotesi dell'etere luminoso presso i Pitagorici.

Secondo la costruzione precedente il mantenersi dell'ipotesi della terra piatta (o discoide) nella scuola ionica, mentre la dottrina della terra sferica veniva comunemente accolta fra i Pitagorici, tiene a profondi motivi, in quanto codesta ipotesi — comunque falsa — si accorda nel modo più semplice coi dati empirici dell'eguaglianza dei giorni alle notti e della variazione dell'inclinazione dei raggi solari sulla terra, lungo un meridiano.

Ora, all'opposto, vi è luogo a domandare se e come le stesse esigenze venissero prese in considerazione dai filosofi italici, che sostennero la sfericità della terra.

Invero CENSURINO fa risalire a PITAGORA ⁽¹⁾ la tesi della terra sferica, mentre TEOFRASTO nomina PARMENIDE ⁽²⁾ come il primo che l'avrebbe formulata ⁽³⁾, e si nota generalmente che le due testimonianze non si contraddicono, perchè PITAGORA può aver professato quella dottrina che PARMENIDE, per primo, avrebbe reso pubblica.

Secondo le nostre vedute è naturale ammettere che PITAGORA abbia accolto l'ipotesi della sfericità della terra che doveva trovare nella prima tradizione ricevuta dagli Jonici, e almeno come uno stadio nella cosmogonia di ANASSIMANDRO.

Quanto ai motivi di tale accoglienza, noteremo che il criterio della simmetria della terra rispetto al mondo (cioè l'argomento anassimandreo della ragion sufficiente) viene esplicitamente attribuito a PARMENIDE da AETIUS, sicchè sembra probabile che già PITAGORA l'avesse fatto proprio e che ad esso riattaccasse le sue vedute sulla forma della terra, suffragandole — d'altra parte — col criterio estetico che *la sfera è la più bella delle figure solide* ⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ PITAGORA di Samo fondò a Crotona la scuola italica circa il 532 a. C.

⁽²⁾ PARMENIDE d'Elea n. circa il 540 a. C. in accordo all'acmè di APOLLODORO in DIOGENE, ovvero circa il 514 se si dà valore storico ad un suo incontro con SOCRATE, di cui PLATONE in *Parmenide* 127 a - c.

⁽³⁾ DIOG. IX 21, VIII, 48. Cfr. *Vors.* A 1, pag. 138, 11; A 44, pag. 145

⁽⁴⁾ DIOG. 8, 34.

Ora, posto che gl' Italiani accettavano in base a motivi a priori la sfericità della terra, dobbiamo dunque ricercare in qual modo soddisfacessero alle esigenze empiriche che stanno in rapporto colla distanza del sole. Disgraziatamente le notizie intorno alla stima di codesta distanza nella scuola pitagorica appaiono discordi e dubbiose ⁽¹⁾; l'unica cosa che ne risulta è la tendenza suggerita dalla mistica dei numeri, ovvero dal tentativo poetico di stabilire un nesso fra le distanze astronomiche e gl' intervalli della scala musicale, in rapporto all'idea di un' *armonia delle sfere celesti*.

Ma — se una testimonianza di PLINIO dove la distanza fra terra e luna viene stimata a 126 mila stadi, cioè il doppio della circonferenza della terra secondo ERATOSTENE, viene interpretata, liberandola dall'evidente anacronismo, nel senso che la distanza del sole, tripla di quella della luna, equivale a 9 volte il raggio terrestre — non si può a meno di osservare che questo valore mal si concilia colla eguaglianza dei giorni e delle notti. Però a questo proposito la nostra attenzione viene richiamata da una singolare teoria sulla luce diurna, che — trovandosi in PARMENIDE e poi, con qualche varietà di forma, in EMPEDOCLE e FILOLAI — si può ritenere verosimilmente come pitagorica ⁽²⁾.

La teoria, cui accenniamo, consiste nell'ammettere che l'atmosfera da cui siamo circondati durante il giorno, sia luminosa di per sè, ed anzichè ricever luce dal sole, accompagni questo nella sua corsa.

Più precisamente EMPEDOCLE considera il sole come un semplice riflesso della terra sopra la volta cristallina del cielo.

Una simile idea è sembrata sempre bizzarra a tutti i critici: pure ciò che vi è in essa di strano cesserà di apparir tale a chi consideri che essa scioglie razionalmente la questione dell'eguaglianza dei giorni e delle notti, che abbiam già detto esser difficile a conciliare colle ipotesi pitagoriche di cui sopra è discorso, e di cui del resto — comunque si allontanano il sole — non potrebbe darsi che una spiegazione empirica approssimata, aliena dallo spirito della scuola.

⁽¹⁾ Per un'ampia discussione in proposito cfr. HEATH, op. c., pag. 105-15.

⁽²⁾ Cfr. P. TANNERY, *Pour la science hellène*. Parigi, Alcan, 1887, p. 236.

9. La sfericità della terra stabilita da osservazioni astronomiche: riferimenti di Platone e Aristotele.

Ora l'opposizione delle dottrine professate nelle scuole ioniche e pitagoriche vien meno nel 4° secolo, e nell'ambiente di cultura che ha trovato il suo centro ad Atene, ove quelle dottrine si fondono, assistiamo al trionfo della tesi della sfericità della terra: quale si rileva dalle esposizioni di PLATONE e d'ARISTOTELE. Ma in pari tempo il sole riprende la sua reale esistenza, sparendo ogni traccia della singolare spiegazione della luce diurna che sopra abbiamo ricordato. Si affaccia quindi una nuova valutazione delle dimensioni del globo terrestre e della distanza del sole, di cui diremo più avanti.

Nel *Fedone* platonico, SOCRATE, dopo aver esposto la veduta della sfericità della terra appoggiata all'argomento della simmetria (180 e), aggiunge: *Ritengo inoltre che la terra sia qualcosa di sterminatamente grande...* Invece ARISTOTELE, nel *De Caelo* (II, 14 (14)), avverte che la terra non deve supporre troppo grande, e ci dà una stima delle sue dimensioni secondo i matematici del tempo: 400 mila stadi, che — se si prende come lunghezza dello stadio m. 157,5 (così come convien fare per la misura di ERATOSTENE, cfr. § 11) dà 62.820 km., eccedendo la lunghezza reale per poco più della metà del suo valore.

Ma quali sono i motivi che hanno potuto condurre a risultati già tanto vicini alla realtà e decidere in pari tempo una questione che per oltre un secolo pendeva incerta fra gli argomenti a priori e la più semplice spiegazione di alcune apparenze fenomeniche?

L'elemento nuovo che si lascia facilmente scorgere è portato dalle osservazioni astronomiche: invero ARISTOTELE reca come prova del suo asserto che alcune stelle, visibili da Cipro e dall'Egitto, non si vedono nelle regioni più al nord; e certo l'allargamento del mondo ellenico, in seguito alle conquiste macedoni, ha offerto occasioni di osservare simili fatti. D'altra parte lo stesso A. fa valere un altro argomento che deve riattaccarsi a speculazioni anteriori: dico la prova della sfericità della terra desunta dalla forma circolare dell'ombra terrestre nelle eclissi (*De Caelo*, II, 14 (13)).

L'idea fondamentale che qui giuoca deve essere fatta risalire alla scuola ionica. Infatti già ANASSIMENE ebbe ad immaginare che corpi oscuri interponendosi fra la terra e il sole e fra la terra e la luna, dessero origine alle eclissi. Ed ANASSAGORA poi, riconoscendo il motivo delle fasi lunari nella circostanza che la luna riceve la sua luce dal sole, fu condotto all'esatta spiegazione delle eclissi di luna (cfr. P. TANNERY, Sc. Hell. pag. 153, 210, 278).

Proseguendo quest'ordine d'idee, ANASSAGORA ebbe anche a ricercare l'ombra portata dalla terra nel cielo, che — giusta il suo sistema — doveva estendersi sopra una striscia infinita, e così venne ad immaginare quella che a noi pare oggi una strana spiegazione della *via lattea*: la via lattea risponderebbe alla striscia di cielo ombreggiata dalla terra, in cui le stelle risplendono di luce più viva. Il TANNERY indica facili osservazioni astronomiche che avrebbero potuto convincere ANASSAGORA del suo errore. Ma non sarebbe giusto di trarne giudizio sfavorevole intorno ad un'idea ingegnosa che doveva riuscire ad ogni modo feconda; poichè dal riconoscerla errata si era indotti a porre il problema della forma della terra in rapporto alla sua ombra, e così era aperta la via ad una notevole prova della sfericità della terra!

Il riferimento sopra citato, mostra che questa via è stata effettivamente percorsa dopo ANASSAGORA, e il risultato giusto era noto almeno ai tempi di ARISTOTELE, senza che ci sia dato determinare quando e da chi sia stato conseguito.

10. Dimensioni della terra e distanza del sole.

Ora dai riferimenti di PLATONE e d'ARISTOTELE appare già che il trionfo della sfericità della terra si accompagna ad una nuova elaborazione del problema delle dimensioni terrestri, e d'altronde rimangono tracce di ricerche contemporanee o di poco posteriori sulle distanze del sole e della luna. Così FILIPPO di Medua o d'Oponto — ricordato da STOBEO ⁽¹⁾ per la confutazione di coloro che ancor ritenevan

(1) Eclog. phys., I, 26.

le eclissi dovute all'interposizione di corpi oscuri diversi dalla luna e dalla terra — ha scritto dei lavori che figurano in un elenco conservato da SUIDA: *Sulla distanza del sole e della luna; Sulla grandezza del sole e della terra; Sull' eclisse di luna.*

E, come riferisce ARCHIMEDE nell'*Arenario*, EUDOSSO di Cnido ⁽¹⁾ (a cui probabilmente è dovuta la misura del circolo terrestre in 400 mila stadi, riportata da ARISTOTELE) calcolava il diametro del sole 9 volte quello della terra, mentre più tardi FIDIA (padre d' Archimede) lo calcolava 12 volte e ARISTARCO di Samo ⁽²⁾ 18 o 20 volte: è appena necessario rilevare che — data la grandezza apparente — ad ogni valutazione maggiore del diametro reale corrisponde una maggiore stima della distanza del sole.

D'altra parte ARCHIMEDE ci apprende nell'*Arenario* ⁽³⁾ che la valutazione del circolo terrestre in 400 mila stadi, di cui parla ARISTOTELE, fu presto ridotta a 300 mila da alcuni astronomi, e il BERGER ⁽⁴⁾, sulla base della testimonianza di CLEOMEDE ⁽⁵⁾, ritiene probabile che questo progresso sia dovuto al peripatetico DICEARCO (circa nel 300 a. C.).

Infine ERATOSTENE, bibliotecario ad Alessandria ⁽⁶⁾, valutava più precisamente la circonferenza terrestre in 250 mila stadi, prendendo come base della misura la diversa inclinazione sul meridiano dei raggi solari, assunti come paralleli, nella maniera che spiegheremo più avanti ⁽⁷⁾.

Ma nelle ricerche anteriori ad ERATOSTENE, cioè per quanto risulta dal trattato di ARISTARCO e anche per quel che si può congetturare del metodo usato da EUDOSSO (in base ad un passo aristotelico citato a tale scopo dal TANNERY ⁽⁸⁾), si cerca di determinare la distanza del sole in rapporto a

⁽¹⁾ Circa 408-355 a. C.

⁽²⁾ Circa 310-230 a. C., secondo le argomentazioni dello HEATH, p. 299. Il suo trattato *Sulle grandezze e distanze del sole e della luna*, conservato nella raccolta detta *Il piccolo astronomo*, è ripubblicato nello stesso volume dello HEATH più volte citato.

⁽³⁾ *Opere*, ed. Heiberg, vol. II, pag. 246, 15.

⁽⁴⁾ *Geschichte*, op. c., pag. 370.

⁽⁵⁾ *De motu circolari*, I, 8.

⁽⁶⁾ Nato a Cirene il 276 a. C., 11 anni dopo ARCHIMEDE.

⁽⁷⁾ CLEOMEDE, I, 10.

⁽⁸⁾ Met. I, 8 (6), cfr. TANNERY, *Mémoires scientifiques*, I, pag. 379.

quella della luna, valendosi del cono d'ombra della terra nelle eclissi. E non si vede un diretto legame fra il problema della distanza del sole e quello delle dimensioni terrestri.

Eppure a priori, in rapporto alla nostra ipotesi fondamentale, si deve ritenere che un legame di tal genere dovesse presentarsi alla mente degli studiosi.

Il tentativo di misura della distanza del sole che abbiamo attribuito ai primi Ionici, non può essere caduto interamente nel vuoto; il dato della diversa inclinazione dei raggi solari per chi si muove sopra un meridiano, non può esser rimasto trascurato fino al giorno in cui ERATOSTENE lo prese come fondamento della sua misura della terra, nel supposto che i detti raggi sieno paralleli. Infatti, fra l'ipotesi attribuita agli Ionici, che risponde alla terra piana e alla minima distanza del sole, e quella d'ERATOSTENE che equivale a porre il sole a distanza infinita, attribuendo per intero la varia inclinazione dei suoi raggi alla curvatura terrestre (che così diventa massima), vi è luogo — come già accennammo — per un'ipotesi intermediaria: terra sferica (più grande del vero) e sole a una distanza sensibilmente finita, in guisa che la varia inclinazione dei raggi dipenda per una parte da tale distanza e per l'altra dalla curvatura della terra. In questa ipotesi, un po' meno semplice, che conduce poi all'ipotesi d'ERATOSTENE come termine estremo, la triangolazione del sole veduto da due punti d'un meridiano non riesce più, ma si ottiene una relazione fra la curvatura terrestre e la distanza solare: ad un massimo del raggio della terra corrisponde un minimo della distanza solare.

Ora, per affermare che una tale relazione sia stata effettivamente considerata dai Greci, non si ha soltanto un indizio indiretto nella progressione dei valori decrescenti delle dimensioni terrestri e crescenti per la distanza del sole, di cui sopra abbiamo discorso; ma si ha ancora una conferma positiva fornita da un passo di CLEOMEDE ⁽¹⁾ che, secondo l'interpretazione dello HULTSCH, suona così: *è plausibile che la circonferenza del sole sia non inferiore a 10 mila volte quella della terra, visto che la terra stà al sole nella relazione d'un punto;*

(1) II, I, pag. 146, 12-16.

ma potrebbe anche essere maggiore senza che noi lo possiamo conoscere ⁽¹⁾.

Lo HULTSCH ritiene che i 300 mila stadi di circonferenza terrestre (che rispondono alla stima di DICEARCO) e il rapporto di 10 mila, posto fra le circonferenze del sole e della terra, farebbero parte d'un calcolo in cui si cercherebbe un minimo per la distanza del sole. Insomma CLEOMEDE verrebbe a dire: Io assumo per la terra le dimensioni di DICEARCO, cioè 300 mila stadi in circonferenza, benchè queste eccedano la verità; ma mi basta che prendendo la circonferenza di queste dimensioni, si possa arrivare ad una stima della distanza del sole che è certo minore della distanza reale.

Lo HEATH ⁽²⁾, traducendo appunto in questa forma il discorso di CLEOMEDE, secondo il testo dello HULTSCH, lo dichiara incomprendibile, perchè trova strana la supposizione che da un'esagerata stima delle dimensioni terrestri possa dedursi un minimo della distanza del sole: invece, avendo spiegato il significato dell'argomento, noi abbiamo riconosciuto che esso è non solo possibile, ma quasi necessario nell'ordine dell'evoluzione delle idee greche. Ci fermiamo però al valore qualitativo di esso, rinuziando ad un apprezzamento quantitativo, perchè questo metterebbe in giuoco la stima degli angoli d'inclinazione dei raggi solari, di cui non si può presumere a quei tempi una misura un po' esatta. Pur così preso l'argomento reca alla nostra tesi un appoggio significante.

11. La misura della circonferenza terrestre di Eratostene.

Termineremo ricordando in una maniera precisa il procedimento seguito da ERATOSTENE per valutare la circonferenza della terra. ERATOSTENE parte dall'osservazione che a Siene, all'epoca del solstizio d'estate, il sole a mezzogiorno si specchia

(1) Il testo di CLEOMEDE ha *μειζονα αυτων οντι η παλιον μετρον*; HULTSCH rigetta le ultime tre parole come una glossa in disaccordo coll'argomento dell'A. (cfr. HULTSCH, *Poseidonios über die Grösse und die Entfernung der Sonne*. Memorie dell'Accademia di Gottinga, Classe stor.-fil. 1897).

(2) Op. c. pag. 347.

nei pozzi, come esattamente posto sulla verticale; invece ad Alessandria (ch'ei ritiene sullo stesso meridiano) alla medesima ora i raggi solari fanno coll'orizzontale un angolo uguale ad 1,50 dell'intero cerchio; ora la distanza fra Siene ed Alessandria, misurata per mezzo del tempo impiegato nel viaggio da un corriere, viene assunta come 5 mila stadi. Quindi, prendendo i raggi solari come paralleli, si deduce, con un semplice calcolo, che la circonferenza della terra vale 5000. 50 = 250.000 stadi: che è il numero dato da CLEOMEDE. Vi è una piccola discrepanza con STRABONE, che dà la misura di 252 mila stadi; ma si può pensare che il numero risultante dai calcoli, sia stato arrotondato per renderlo divisibile per 60.

Piuttosto conviene fermarsi su un altro punto. Il numero dato da ERATOSTENE, prendendo lo stadio uguale a m. 157,5 secondo l'analisi dello HULTSCH, corrisponde a 39.690 km., che è un valore molto prossimo alla misura reale di 40 mila km. Secondo lo SCHIAPARELLI ⁽¹⁾ invece gli stadi adoperati sarebbero stadi olimpici, di cui 10 fanno un miglio d'Italia, e la misura indicata supererebbe il vero per 1/7. In ogni modo la precisione del risultato dovrebbe attribuirsi al concorso fortunato di circostanze per cui si compensano numerose cause d'errore che viziano i singoli passaggi del calcolo: come appare dalla discussione che ne fa lo HEATH (op. c., pag. 339).

Aggiungiamo che la stima d'ERATOSTENE si trova accettata nell'antichità; così la lunghezza del circolo terrestre di 252 mila stadi figura nella *Geografia* di IPPARCO (circa 150 a. C.). C'è a dir vero una stima differente in POSIDONIO di Rodi, verso la metà del 2° secolo a. C.: almeno STRABONE narra ch'ei dava al circolo terrestre la misura di 180 mila stadi. Ma, secondo l'analisi dello HEATH (op. c., pagg. 343-44), che si appoggia ad indicazioni della *Geografia* di TOLOMEO, lo stadio di cui qui si discorre salirebbe a m. 210, e così la misura indicata si ridurrebbe, in stadi d'ERATOSTENE, a 240 mila, d'accordo coi riferimenti di CLEOMEDE. Lo SCHIAPARELLI ⁽²⁾ pure ritiene che la misura assunta da POSIDONIO sia

⁽¹⁾ Cfr. G. SCHIAPARELLI, *Scritti sulla storia dell'Astronomia antica*. Bologna, Zanichelli, 1925 (pag. 341).

⁽²⁾ Op. c., pag. 347.

quella indicata da CLEOMEDE, ma nell'indicazione di STRABONE vede semplicemente un errore: errore di $1/6$ che vizierebbe i dati della *Geometria* di TOLOMEO e poi anche le opinioni dei moderni che vi si basano, fino al secolo 16°.

Comunque, si può concludere che i procedimenti dei Greci erano tali da offrire una discreta approssimazione nel calcolo delle dimensioni terrestri.

Invece gli sforzi per valutare le distanze dei corpi celesti riuscirono solo imperfettamente per la luna. Per il sole le varie stime rimangono sempre molto al disotto del vero, e gli astronomi greci non erano in possesso d'un metodo che potesse condurre ad un risultato un po' esatto. Basterà riportare, per informazione, la tabella che si trova nell'op. c. dello HEATH a pag. 350, dove le misure sono espresse in diametri terrestri:

	Distanza luna	Diametro lunare	Distanza sole	Diametro solare
Per ARISTARCO	$9 \frac{1}{2}$	$\frac{9}{25} = 0,36$	180	$6 \frac{3}{4}$
> IPPARCO . .	$33 \frac{2}{3}$	$\frac{1}{3} = 0,33$	1.245	$12 \frac{1}{3}$
> POSIDONIO.	$26 \frac{1}{5}$	$\frac{3}{19} = 0,137$	6.545	$39 \frac{1}{4}$
> TOLOMEO. .	$29 \frac{1}{2}$	$\frac{5}{17} = 0,29$	605	$5 \frac{1}{2}$
In realtà	30,2	0,27	11.726	108,9

Roma, Università.

FEDERIGO ENRIQUES

