



I S E M P R E V E R D E

GAETANO MARIO COLUMBA



Eratostene e la
misurazione del meridiano
terrestre

ATHENA
EDIZIONI

Athena Edizioni ti regala questo libro in formato cartaceo, stampato e spedito gratuitamente a casa tua. Infatti per ogni libro acquistato dal sito potrai scegliere un libro della collana Sempreverde in omaggio. Visita edizioniathena.it per maggiori informazioni.

I.

1. Gli studi geografici ed astronomici degli antichi avean portato, nel III secolo a. G. C., a riconoscere non solo il principio della sfericità e dell'isolamento della terra, ma altresì quello della sua rivoluzione attorno al sole.

Questo secondo principio era stato già, in maniera diversa, ammesso e sostenuto dalla scuola pitagorica – e nominatamente da Filolao, Iceta, Ecfanto – e in seguito poi dal platonico Eraclide Pontico; tuttavia esso non venne nettamente formulato che nel III secolo¹ dall'astronomo Aristarco da Samo. Questi ammise come *ipotesi* – e sembra che questa parola fosse anche il titolo del

1 Probabilmente tra il 264 ed il 232 a. G. C.; così si può supporre dell'opposizione fatta da Cleante, capo della scuola stoica entro quegli anni.

libro ch'egli scrisse in proposito – che il sole e le stelle fisse fossero immobili e costituissero tanti sistemi cosmici, e che la terra girasse attorno al sole lungo la periferia di un circolo (l'*eclittica*) al centro del quale si trovava il sole. Il sistema copernicano, come tutti sanno, non è nella sua parte fondamentale se non la riproduzione del sistema di Aristarco. L'ipotesi di questo astronomo non lasciò di attirare l'attenzione degli scienziati. Noi la vediamo citata dal contemporaneo Archimede, il quale mostra di considerarla come degna di esame². Essa ebbe anzi nel II secolo un

² Nel *libro delle arene* (*psammites*) 8 dedicato al re Ierone II (tra il 269 circa ed il 216 a. G.).

Archimede afferma che, secondo Aristarco, la distanza delle stelle fisse stia coll'orbita della terra nella stessa proporzione in cui sta il centro della sfera colla superficie. Archimede ne fa

forte sostenitore in Seleuco il Caldeo, il quale fece per la teoria di Aristarco, per quanto sappiamo, quel che Galileo per la teoria di Copernico: ne diede cioè la dimostrazione scientifica³. Dopo ciò, non può non far meraviglia che la teoria di Aristarco sia caduta: noi la troviamo ricordata appena, e piuttosto come una curiosità, in Plutarco ed Aetios, e tra i matematici solamente in Tolo-

la critica, ma sembra che il concetto di Aristarco sia state un altro. Cfr. ARIST., *de dist.* 7. TOLOM., *Almag.*, 2, 5. Tuttavia la questione è ancora da esaminare.

- 3 PLUTARCO dice di Aristarco e di Seleuco il Caldeo (da Seleucia): «il primo non fece che un'ipotesi (ὑποτιθέμενος μόνον) il secondo ne die' anche la dimostrazione (καὶ ἀποφαινόμενος).» *Quaest. Plat.* VIII 1006 C.

meo⁴. Nè questo poteva avvenire semplicemente perchè essa era in contrasto troppo forte colla testimonianza dei sensi; ma eziandio perchè – importante a notare – era anche in dissidio colle idee religiose dell'antichità. La teoria di Aristarco, in realtà, non contraddiceva forse meno ai concetti che stavano a base della teologia pagana, di quel che il sistema di Copernico contraddicesse ai concetti cosmologici della Bibbia: e sebbene la teologia pagana non avesse un dogma rigorosamente stabilito e, direi quasi, organizzato, tuttavia non dovea lasciare un'assoluta libertà all'investigazione scientifica, anche in un'epoca in cui era già mutato il concetto che poneva la religione sotto la protezione immediata dello stato. In ogni caso

4 Il breve trattato di Aristarco «sulla grandezza e sulla distanza del sole e della luna» ha un commentario di Pappos.

poi, era una ragione sufficiente perchè le ipotesi di Aristarco fossero respinte da quanti non erano in grado di rendersi conto della dimostrazione scientifica data da Seleuco. Ed in effetto, non mancarono gravi proteste fatte in nome della religione contra il sistema di Aristarco. Cleante di Assos, filosofo stoico, scrisse un opuscolo contro Aristarco⁵, giudicandolo degno «di essere tratto innanzi al tribunale di tutti i Greci come reo d'empietà per aver cercato di rimuovere dal suo posto il focolare (Hestia) del mondo»⁶. In tal guisa, il sistema dell'astronomo di Samo si trovò allora incontro a difficoltà di natura non diversa da quelle, a cui dovea trovarsi incontro di nuovo, nel secolo XVII, sotto il titolo di sistema copernicano.

2. Per fortuna, il principio della sfericità terre-

5 LAERZ. DIOG. I 174.

6 PLUT. *de facie in orbe lunae* 6.

stre e del suo isolamento nello spazio, principio per cui poteva essere invocata, almeno in parte, la testimonianza stessa dei sensi, vinse le difficoltà che gli si opponevano, e nel III secolo era ammesso senza discussione nella geografia matematica.

Gli argomenti con cui questo principio era sostenuto sono quasi tutti conservati, o meglio, rinnovati dalla geografia matematica di adesso. I viaggi di circumnavigazione, se nell'antichità non furono compiuti, erano però riguardati come possibili, anzi, la leggenda parlava già, più o meno oscuramente, di viaggi compiuti non solo attorno ai continenti ma anche attorno alla terra. Ed Eratostene ci ha lasciato su questo riguardo un'affermazione che, nella forma in cui ci rimane, sembra un vaticinio. «Se alcuno – egli scrisse – partendo dalla Spagna, navigasse verso ponen-

te, arriverebbe alle Indie»⁷. Eratostene citava la Spagna, perchè il mare ignoto da traversare stava appunto, secondo lui, tra la Spagna e le Indie: pure, colui che, cercando le Indie, dovea compire l'impresa enunziata da Eratostene, dovea proprio prender le mosse dalla Spagna!

Naturalmente, col concetto della sfericità terrestre era collegato quello della possibilità dell'esistenza di popoli antipodi, – o, come allora si diceva, *antichthoni*⁸ – della quale esistenza alcuni non dubitavano punto. Del rimanente, quasi tutte le osservazioni che la pratica rendeva possibili le troviamo notate nell'antichità, ed ai marinai, per

⁷ ERATOSTENE in STRABONE I 64 C. = fr. II A. 12.

(I frammenti di Eratostene sono citati secondo la raccolta del BERGER, *die geog. Fragm. des Eratosthenes*, Leipzig 1880).

⁸ Od anche *antoikoi*.

esempio, non era sfuggito che navigando verso ponente i giorni si facevano più lunghi e più brevi invece navigando verso levante: il che è ancor più degno di attenzione, se si considera che la velocità delle navi antiche non permetteva di percorrere in un giorno, al massimo, che 90 miglia geografiche circa, ed ordinariamente tra 60 e 70⁹.

Ed io qui non lascerò di ripetere due osservazioni contro coloro i quali pensano che la scienza dell'antichità sia da considerare come affatto separata dalla scienza moderna, sulla quale non avrebbe avuto nessuna efficacia. «La scienza moderna, si è detto, è figlia dell'età moderna». Pure le teorie di Filolao, Iceta, Ecfanto, Eraclide ed Aristarco non dovettero essere senza efficacia

⁹ PLIN. II 71, 181. Per quanto riguarda la velocità delle navi, vedi p. 22 sg. [pag. 25 sg. in questa edizione *Manuzio*].

sul pensiero di Copernico, il quale nella lettera di dedica che premise alla sua opera, si fa forte dell'autorità di questi antichi in favore del sistema che da lui prese il nome: ed il passo da noi riportato di Eratostene fu uno degli argomenti addotti da Colombo per sostenere la possibilità della sua impresa. In nessun'altra scienza, come nelle matematiche, nell'astronomia, nella geografia, il pensiero dell'antichità nudrì il pensiero dell'età moderna, il quale in più d'un punto non ha saputo trovare ancora nulla di meglio.

3. Stabilito il principio della sfericità terrestre, dovea naturalmente sorgere la domanda: quanto è grande la sfera terrestre? o, in altre parole, qual'è la circonferenza del meridiano terrestre? e le terre conosciute quale e quanta parte occupano della superficie della sfera?

La maggior parte dei geografi si era limitata a cercare la forma e le dimensioni delle terre conosciute, o, come allora si diceva, della terra abitata (*oikumene*). La situazione dei vari luoghi non poteva così essere indicata che imperfettamente, in maniera relativa, mediante misure lineari che mettevano capo ad uno o più luoghi noti, ed è superfluo avvertire che, in tali condizioni, l'altezza sul polo era affatto indeterminabile. Mancavano così gli elementi più rudimentali per una qualsiasi costruzione cartografica, e si può comprendere di leggieri qual valore dovessero avere le mappe terrestri fino allora disegnate. Un'importante innovazione fu arrecata nella cartografia di Dicearco da Messina. Era un'opinione stabilita che il corso del Nilo e le regioni prossime alla Propontide si trovassero sotto lo stesso meridiano; quello che con Eratostene vien definitamente stabilito come

il meridiano di Alessandria-Rodi-Bizanzio-Boristene. Dai rapporti dei viaggi nell'interno dell'Asia, si avea notizia di una catena di monti, che, in continuazione del Tauro, nell'Asia minore, si stendeva verso levante, fino all'oceano orientate, col nome di Parapamiso, Imao, Emodo. Dicearco segnò una linea orizzontale che dalle Colonne d'Ercole, arrivava all'Imao, passando per la Sardegna, la Sicilia, il Peloponneso (la Ionia) la Caria, la Licia, la Cilicia ed il Tauro¹⁰. Da altre notizie di Strabone si può rilevare che nella parte occidentale il punto toccato nella Sicilia era lo stretto di Messina¹¹. Questa linea, a cui è stato applicato il nome di diafragma (*diaphragma*, linea d'intersezione) era probabilmente destinata a costituire con il meri-

¹⁰AGATEMERO, *geog. inform.*, I. 5 (in MÜLLER, *geog. Graeci min.* II 472).

¹¹II, 4 C. 105.

diano anzidetto due coordinate ortogonali, alle quali potesse essere ricondotta la determinazione del sito degli altri luoghi. Era così il germe della cartografia scientifica. Certo, il diafragma di Dicearco rimase comune nelle costruzioni cartografiche dei tempi seguenti, quantunque subisse qualche modificazione, e fu conservato anche dopo che con Eratostene¹² cominciarono gli studi sulla grandezza del meridiano, e fu possibile segnare sulla terra abitata una serie di *klimata* (cioè, zone di eguale *inclinazione* sul polo), a cui furono poi sostituiti definitivamente i paralleli¹³. Si

12Sui rapporti fra il diaframma di Dicearco e il parallelo di Rodi di Eratostene, vedi c. III 5.

13V. la definizione del *klima* data da Achille Tazio, *is. in phaen.* c. 20 Uranol p. 139 C. È notevole il luogo di Strabone in cui si dice che i *klimata* erano disegnati in forma parallela VI, C. 266. I

noti però che anche allora, per indicare la situazione precisa dei luoghi, si ricorreva alle misure lineari: Una serie sistematica di misure angolari noi la troviamo la prima volta in Marino-Tolomeo.

4. Per apprezzare adeguatamente l'opera degli antichi nella misurazione del meridiano terrestre, e, in generale nella determinazione della posizione

grammatici già notavano che la voce «parallelo» apparteneva al grecismo seriore. Nel suo significato originario *parallelo* (παράλληλος) era: «di fronte» «a riscontro» «in confronto». Col significato che adesso conserva fu adoperato nella geometria, dalla quale passò nella geografia, ma non prima, sembra, del II secolo a. G. Colui che ne fa più uso, e l'adopera già sostantivamente, è Strabone. Plinio colla sua solita inesattezza fa di *parallelus* un sinonimo del *circulus* latino (VI, 33).

ne astronomica dei vari punti della terra abitata, bisognerebbe conoscere con esattezza i mezzi di cui essi potevano disporre per le loro osservazioni. Alcune di queste, per le stelle circumpolari, si potevano fare senza alcuno strumento. Si osservava se le Orse, soprattutto, eran più o meno alte sull'orizzonte, se tramontavano o no¹⁴. Ma tali os-

14Così, v. l'osservazione per l'altezza dell'Orsa maggiore alla latitudine di Siene, Strab. II C 133 (da Ipparco). Megastene e Nearco aveano notato che nelle parti meridionali dell'India tramontavano le Orse, osservazione accettata da Eratostene. STRAB. II, 1, 76 C. sg. Naturalmente, l'osservazione vale in questo caso per l'Orsa minore, giacchè non è necessario arrivare alle Indie perchè l'Orsa maggiore tramonti. La β dell'Orsa minore (2^a grandezza) tramonta al 15° circa.

servazioni non erano possibili se non date grandi differenze di latitudini, erano subordinate alle condizioni dell'orizzonte, e non potevano condurre che a valutazioni molto sommarie. Un qualche strumento era necessario. Ora, al III secolo a. G. C. soprattutto, per misurare le altezze e le declinazioni siderali non esistevano strumenti, i quali dessero garanzia d'una esattezza almeno approssimativa: e certo, nelle poche misure di quella epoca a noi pervenute, si può constatare, in alcune declinazioni, un errore di almeno 4° . Tra il Cancro (cioè, secondo ogni verosimiglianza, il γ del Cancro) e la testa del Dragone (le stelle β γ ξ del Dragone) tra i quali esiste una differenza minima di declinazione di $29^{\circ} 22'$, si poteva misurare una differenza di soli $24^{\circ 15}$. Archimede espri-

15V. p. 32 sg. [pag. 44 sg. in questa edizione

Manuzio]. Il γ del Cancro ha, presentemente la

me la sua completa sfiducia su questi strumenti¹⁶. Onde l'empirismo dovea necessariamente avere una larga parte in tutte le osservazioni astronomiche di quell'epoca: e noi sappiamo che Ipparco, il più grande astronomo dell'antichità, il quale non vedeva in questi studi altro metodo ammissibile fuor che quello astronomico, pure nel determinare la posizione dell'asse centrale del Mediterraneo dallo stretto di Messina a quello di Gibilterra dovette rimettersi in parte alla testimo-

declinazione di 22°19'49", il γ del Dragone 51°31'39".

16 *Psammites*, 11 p. 248 Heib. «È difficile pigliar bene la misura, poichè nè la vista, nè le mani, nè gli strumenti dei quali dobbiamo servirci in tali misure ci dànno garanzia di esattezza (ἀξιόπιστα εἶμεν τὸ ἀκριβὲς ἀποφαινέσθαι)».

nianza dei navigatori¹⁷. Del resto, il fatto stesso ch'egli, nativo di Nicea, ammetteva il meridiano Alessandria-Rodi-Bizanzio-Boristene, prova come fosse difficile raccogliere tutti gli elementi necessari per iscuotere in questa parte gli assiomi più erronei passati nella tradizione geografica. Dobbiamo quasi credere che Strabone, anzi che dare una testimonianza della sua incapacità nella geografia matematica, esprimesse piuttosto un principio più o meno comunemente ammesso, quando scriveva quelle parole che farebbero rabbrivire un astronomo od un geodeta moderno: «il consentimento generale è più attendibile del risultato ottenuto con qualsiasi strumento»¹⁸.

5. La misurazione delle longitudini avrebbe avuto un mezzo molto semplice e, nello stesso

¹⁷STRAB. II, C. 71.

¹⁸STRAB. *ibid.*

tempo, sufficientemente sicuro nel metodo cronometrico. Ma l'applicazione di questo metodo nell'antichità o era impossibile o dava risultati affatto erronei a causa della mancanza di apparecchi olosterici. Il disaccordo degli orologi non era superato che da quello dei filosofi¹⁹. A questo svantaggio si aggiungeva quello del vario modo in cui si contavano le ore nei diversi luoghi, e le conseguenti difficoltà di una riduzione esatta. Per tale ragione il metodo cronometrico diveniva uno dei più fallaci, e noi possiamo constatare di quali errori sia stato cause quelle volte in cui si è voluto trarne profitto.

6. Uno de' mezzi di osservazione di cui gli anti-

19È noto il detto di Seneca: *facilius convenire.....*

horologia quam philosophos. Senonchè, adesso, l'accordo degli orologi ha fatto qualche passo di più che quello dei filosofi.

chi potessero servirsi per la valutazione delle longitudini erano gli eclissi. È noto che negli eclissi di luna, l'istante in cui il disco lunare entra nel cono d'ombra della terra, è lo stesso per tutti i luoghi da cui il fenomeno è visibile, e quindi per due meridiani diversi le varie fasi dell'eclissi avranno luogo con una differenza di tempo corrispondente alla differenza di longitudine. Che tale principio fosse noto ai Greci prima d'Ipparco²⁰, è presumibile, non è però provato. Eratostene certo non se n'è servito. Però, in questo caso, alle difficoltà sopra indicate, si aggiungeva quella di segnare bene il principio delle varie fasi del fenome-

²⁰STRAB. I, C. 7 (secondo Ipparco): «nessuno potrebbe conoscere con precisione se i vari luoghi siano situati più o meno a levante o a ponente senza i confronti eclittici del sole e della Luna.»

no, – difficoltà contro la quale ha dovuto lottare anche l'astronomia moderna – ed inoltre quella di ricevere notizie esatte da punti diversi e lontani. Così si comprende che sino ai tempi di Tolomeo di siffatte osservazioni non ce ne siano state che poche, e che lo astronomo alessandrino per citare un esempio abbia dovuto ricorrere all'eclissi che precedette la battaglia di Arbela, nel 20 settembre 331 a. G. C. Già l'ora in cui ebbe principio quest'eclissi ci è diversamente tramandata: per Tolomeo fu notato ad Arbela nella 5^a ora della notte, a Cartagine nella 2^a, Plinio parla della seconda ora della notte ad Arbela, e al sorgere stesso della luna in Sicilia (sulla costa orientale, ad es. Siracusa?)²¹. Nessuno di questi dati si può

²¹TOLOM. *geogr.* I 4. PLIN. 70, 180. Q. CURZIO IV

10 si accorda con Plinio, dicendo per Arbela:

prima fere (?) vigilia, da intendere: nelle prime

riscontrare rigorosamente esatto, almeno per principio del fenomeno. L'eclissi dovette cominciare, pel tempo medio di Arbela (a $44^{\circ}4'$ da Greenwich) verso le 18^h40^m , e durò in tutto 3^h30^m circa²². Esso era cominciato da 1^h40^m circa quando la luna si levava sull'orizzonte della Sicilia orientale (15° da Greenwich), e da 2^h quando appariva sull'orizzonte di Cartagine ($10^{\circ}20'$ da Greenwich.) La differenza di longitudine tra queste città ed Arbela è di $33^{\circ}44'$, cioè, in tempo, 2^h15^m ; Tolomeo in base ai dati dell'eclissi contava 3^h , e quindi poneva fra i due luoghi un intervallo di 45° (Cartagine $34^{\circ}50'$ Arbela 80°). Se questo avveniva ai tempi di Tolomeo, nessuno potrà es-

tre ore della notte.

22V. i dati dell'OPPOLZER, *Canon der Finsternisse* p. 338. (Tempo del mondo $18^h 22^m$; la luna al zenit a $\lambda+82^{\circ} \varphi-3$).

ser sorpreso di veder che nello stesso bacino del Mediterraneo ed in regioni comprese entro la rete della colonizzazione ellenica, eran possibili errori di 5° e più. Eratostene poneva sotto lo stesso meridiano, Roma, Cartagine e lo stretto di Messina con errore di 2°10'–5°18'²³, ed Ipparco accettava, come si è detto, il Meridiano Alessandria-Rodi-Bizanzio-Boristene con errori da 0°47' a 4°

23L'errore è di 2°10' tra Roma e Cartagine, di 5°18' tra Cartagine e lo stretto di Messina. E merita di esser notato, che Strabone, in un luogo del resto guasto e poco chiaro, nota che Cartagine è più ad occidente dello stretto di Messina, ma ciò di cui fa veramente accusa ad Eratostene, è di aver posto sotto lo stesso meridiano Roma, *che è tanto più ad occidente anche di Cartagine!* II 1 C. 93.

circa²⁴. Ricorderemo anzi che Polibio voleva mutare l'ultimo termine di questo meridiano, per collocarvi sotto Tanais, aumentando l'errore a 6°45' circa.

7. Poiché dunque i mezzi necessari per le misurazioni delle longitudini mancavano ad erano affatto malsicuri, non rimaneva che rimettersi alla testimonianza dei viaggiatori, e valutare la posizione dei luoghi secondo le indicazioni da loro fornite, valendosi delle distanze lineari, quali risultavano per mare del percorso delle navi, e per terra dalla lunghezza delle vie. Esistevano nell'antichità, com'è noto, questi *stadiasmi* o itinerari marittimi e terrestri, in cui erano notate le distanze da una ad un'altra città, da un porto

24L'errore minimo è tra Rodi (città) e Bizanzio

0°47': il massimo tra Rodi (città) e Boristene (Olbia) alle foci del Dnjepr, 4° circa.

all'altro. Alcuni di siffatti itinerari venivano compilati, per dir così, a cura dello stato, per servire ad interessi militari e commerciali, come l'opera «Sui porti del Mediterraneo (?)» di cui fu autore l'ammiraglio Timostene, sotto Tolomeo II Filadelfo (285-246 a. G. C.)²⁵.

Naturalmente, nelle misure delle distanze, non era il caso di domandare l'esattezza. Il percorso delle navi era dato in maniera approssimativa: ci resta, è vero, notizia di un odometro marittimo

²⁵È notevole che di quest'opera esistevano due edizioni, di cui una, in un solo libro, non era che un compendio della prima, ed era certo destinata alla comune dei marinai, ai quali doveva essere destinato pure il «compendio degli stadiasmi» dello stesso autore. V. MARCIANO D'ERACLEA in MÜLLER, *geog. Graeci min.* I, 566.

descrittoci da Vitruvio²⁶, ma, a parte l'epoca in cui potè essere inventato, è a dubitare ch'esso sia stato realmente adoperato dai navigatori. Ancora intorno alla fine del IV secolo a. G. C., Marciano d'Eraclea scriveva: «Quando si tratta di golfi e di promontori, la discrepanza [degli stadiasmi] si spiega facilmente: secondo che si naviga lungo i golfi e innanzi ai promontori tenendosi più o meno lontani dalla costa, si conta un numero maggiore o minore di stadi di navigazione. Però non è facile trovar la causa della discrepanza quando si tratta di una navigazione diretta, salvo che l'errore si voglia attribuire alla velocità od alla lentezza della nave. Tutti convengono che una nave la quale abbia il vento favorevole fa 700 stadi al giorno: tuttavia si può trovare una nave che, grazie alla sua buona costruzione, raggiunga la velo-

²⁶*de Arch.* 10, 9.

cià di 900 stadi [al giorno] ed un'altra che per le ragioni opposte ne faccia solo 500. Bisogna dunque usare indulgenza in errori di questo genere. Non si tratta già di pigliar misure sulla terra, ma sull'acqua e pe' mari, e il numero degli stadi si conta più per la consuetudine che per via di qualche congegno»²⁷. Si comprende quindi che i

²⁷MARC. ERACL. *peripl. Maris interni* 5 (MÜLLER, *geog. Graeci min.* I 567). Da TUCIDIDE, II 82 e IV 104 si può rilevare per le navi una velocità che poteva variare da 560 a 715 stadi circa. ERODOTO IV 86 dà ad una nave la velocità di 700 stadi al giorno, 600 la notte: e forse egli accenna qui alle navi da guerra, colle quali era possibile pure il tragitto dall'isola di Taso ad Anfipoli $\frac{1}{2}$ giornata. Invece, ad una nave da carico TUCIDIDE sembra attribuire una velocità di 560 stadi (v. VI 41). Così al III secolo, all'epoca

marinai siano stati in disaccordo anche per i tragitti più brevi e comuni: così, per esempio, la traversata da Rodi ad Alessandria da alcuni marinai era valutata 4000 da altri 5000 stadi.

Nè meno gravi erano le difficoltà per la valutazione delle distanze nell'interno de' continenti. Naturalmente, nessuno poteva pensare che la lunghezza di una via, quale, ad esempio, la così detta *via reale*, che da Sardi conduceva alle regioni dell'Eufrate (alla Susiana), fosse equivalente alla retta che univa i due luoghi a cui essa metteva capo. Era necessario perciò adottare un fat-

stessa in cui lavorava Eratostene, una flotta nel tempo degli alisei, poteva arrivare in un giorno da Cefallenia alle coste della Messenia (POLIB. v. 5, 3) ciò che darebbe circa 710 stadi al giorno. La cifra media di Marciano si può riguardare come esatta pei suoi tempi.

tore di riduzione, e questo fattore variava secondo che la via era considerata come più o meno prossima alla retta. Nella maggior parte dei casi veniva adoperato come fattore di riduzione $\frac{2}{3}$; in Tolomeo troviamo anche $\frac{1}{2}$ ²⁸. Del rimanente, sembra che questi criteri di riduzione non fossero stati stabiliti che dopo di Eratostene. Questo geo-

28 Il fattore di riduzione $\frac{2}{3}$ si trova già adoperato in Strabone, nelle misure della Spagna, in luogo in cui egli teneva come guida una fonte che certamente risaliva al principio del I secolo a. G. C. (V. III 1). Le singole distanze tra i vari punti della costa Iberica, dal promontorio sacro ai Pirenei sommerebbe in tutto a 9.000 stadi, ma Strabone, *dedotte le irregolarità delle vie*, dà come sviluppo della costa 6.000 stadi. V. ZIMMERMANN, in *Hermes* XXIII (1888) p. 12. Per TOLOMEO v. *geogr.* I 12 e 13.

grafo per avere la retta di una via dell'Ariana, la cui lunghezza era valutata 15.300 stadi, toglie 1.300 stadi e la riduce alla cifra tonda di 14.000, da che risulterebbe un fattore di riduzione quasi uguale a 11/12.

Oltre a questo, non era sempre possibile di avere la misura sia pure approssimativa, della lunghezza di una via. Alcune volte le misure mancavano, ed erano sostituite dalle giornate di cammino che si dovevano impiegare a percorrerla. Non occorre di rado vedere indicata dai geografi la distanza di due luoghi col tempo che vi impiegherebbe un buon camminatore (euzonos). Così la distanza che correva da Dioscuriade, sul mar Nero, alle rive del mar Caspio, non era nota ad Eratostene, che come equivalente a 5 giornate di cammino²⁹. In questo caso, per trovare la distan-

²⁹STRAB. II 91 C.

za, bisognava passare ad una riduzione, convertendo una giornata di cammino in una misura determinata. Ipparco computava una giornata di cammino come equivalente a 200 stadi, giacchè egli riduceva a circa 1.000 stadi le 5 giornate tra Dioscuriade ed il Caspio. Se però questo criterio di riduzione era quello comunemente adottato od era proprio di Ipparco, non sappiamo: le parole con cui Strabone l'accoglie ci farebbero credere nella seconda maniera³⁰. Certo non mancano tracce di altre riduzioni: quella data da Ipparco corrisponderebbe a circa 37 chilometri al giorno (e in ogni caso, non meno di 30 circa³¹). Lo istmo

30STRAB. *ibid.*

31Bisogna avvertire che qui si tratta di stadi geografici, (vedi c. III) e quindi la riduzione che troviamo nei geografi non può esser messa in confronto con quella accennata da Erodoto V

d'Italia fra i golfi di Squillace e di Santa Eufemia, la cui larghezza dagli scrittori più antichi è indicata in $\frac{1}{2}$ giornata di cammino, è data dai geografi posteriori in 160 stadi, ciò che porterebbe alla ci-

53 a proposito della lunghezza della via reale.

Erodoto conta in complesso tra Sardi e Susa 450 parasanghi, 13.500 stadi, o 90 giorni esatti di cammino, valutando 30 stadi = 1 parasanga, 1 giornata di cammino = 150 stadi. Però lo stadio qui adoperato da Erodoto non era lo stadio attico, ma poichè i metrologi fanno il parasanga uguale a 4 miglia, se ne deduce uno stadio di m. 197,33; forse si deve pensare piuttosto ad uno stadio fondato sul cubito samico di m. 0,525, e perciò di m. 210. In tal guisa la riduzione di Erodoto equivalerebbe a $167\frac{1}{2}$ o $176\frac{1}{2}$ stadi. Del resto, ciò non ha che fare con la riduzione geografica di cui parliamo. Per

fra inammissibile di 320 stadi, per una giornata di cammino³².

8. Se, per quanto riguarda la misura dell'equatore e, in generale, la misura delle longitudini, i mezzi da usare erano così imperfetti, per le misure latitudinali era sempre possibile trar partito da una quantità maggiore di osservazioni astronomiche, le quali permettevano di arrivare ad una relativa esattezza. Così la geografia matematica degli antichi, per quei punti in cui era facile servirsi di osservazioni dirette, non presenta nelle lati-

contro, Isocrate (*paneg.* 87) dice che le milizie Spartane nel 490 a. G. C. impiegarono 3 giorni e 3 notti a percorrere i 1200 stadi da Sparta ad Atene. La frase è tale da far vedere che Isocrate concepiva questa marcia forzata come uguale a 6 giorni di cammino, con una media di 200 stadi al giorno.

che, le quali permettevano di arrivare ad una relativa esattezza. Così la geografia matematica degli antichi, per quei punti in cui era facile servirsi di osservazioni dirette, non presenta nelle latitudini quegli errori gravissimi che si possono constatare nelle longitudini. Del resto, questa differenza non si fa sentire che nella determinazione astronomica dei vari punti della terra abitata: nella valutazione della grandezza della sfera terrestre essa non poteva avere importanza, giacchè lo schiacciamento ai poli non fu nè osservato, nè sospettato dagli antichi, onde, ottenute le dimensioni del meridiano, erano per loro ottenute altresì quelle dell'equatore.

I mezzi più precisi per la misurazione della latitudine erano principalmente due:

1. L'altezza e la declinazione solare osservata col gnomone. Il rapporto tra la lunghezza

dell'ombra e l'altezza del gnomone negli equinozi dava la misura della latitudine del luogo di osservazione. Una difficoltà innanzi alla quale gli antichi doveano trovarsi, specialmente a causa della forma semplicissima da loro data al gnomone, era la misurazione esatta del termine dell'ombra. Oltre di che, noi non sappiamo fino a qual punto essi tenessero conto della penombra. Questa rappresenta, com'è noto, il diametro solare. Escludere o comprendere completamente la penombra, importava escludere o comprendere interamente nella misurazione il diametro solare, con un errore in meno od in più di un semidiametro ($0^{\circ}16'$ circa)³³. Alcune misure di Ipparco fanno

³³Aristarco di Samo aveva già osservato con

leggero errore che il diametro solare equivaleva a $0^{\circ}30'$ gradi (o com'egli diceva, ad $1/720$ del circolo zodiacale). V. ARCHIMEDE, *psamm.*,

credere che egli la escludesse, e che quindi le sue misure siano quelle dell'orlo settentrionale del sole³⁴.

2. La durata del giorno, stabilita in base al prin-

10, p. 248 Heib.

34 Il rapporto equinoziale tra il gnomone e l'ombra ad Alessandria sarebbe, secondo le tabelle d'IPPARCO in Strabone (II. C. 33) 5:3. Questo rapporto darebbe la misura angolare $30^{\circ}57'50''$ che troviamo riportata da TOLOMEO (*Almag.* V 12) in $30^{\circ}58'$ e ridotto nella *Geogr.* a 31° . La latitudine di Alessandria sarebbe, secondo le misure moderne, $30^{\circ}13'$. Vi ha dunque una differenza in meno di $0^{\circ}15'10''$, cioè, quasi esattamente quella di un semidiametro solare. Si potrebbero esaminare altri dati, ma sarebbe superfluo. Tuttavia vi han riserve da fare sulle misure astronomiche antiche in confronto colle

cipio che, per tutti i luoghi situati sotto lo stesso parallelo, la durata del giorno è la stessa. Però, anche su questo riguardo noi dobbiamo tener conto del fatto che agli antichi mancavano i buoni apparecchi cronometrici, e che non sempre si poteva riuscire ad eliminare esattamente le variazioni prodotte dallo stato dell'atmosfera e dell'orizzonte, o a determinare in maniera uniforme, se non precisa, il principio ed il termine del giorno ne' vari luoghi.

9. Però anche l'impiego di questi due mezzi domandava un gran numero di osservazioni fatte in molti punti della terra abitata: e per contro, non solo per una gran parte dell'Asia, dai monti della Cilicia alle Indie, mancavano i dati per stabilire il rapporto tra l'ombra e lo gnomone, come deploreava Ipparco, ma possiamo altresì affermare che

moderne (v. c. III).

per le coste settentrionali del Mar Nero, per quelle più occidentali del Mediterraneo a ponente di Cartagine e di Marsiglia, per le coste occidentali e settentrionali di Europa, non ce n'erano, nonostante i viaggi di Pitea, che pochissime ed errate. In questo caso, oltre che ricorrere al solito sussidio delle distanze lineari, si ricorreva ad un altro criterio del quale gli antichi si sentivano sicuri poco meno che delle osservazioni astronomiche: cioè al criterio climatologico.

Per gli antichi, la latitudine, cioè il klima³⁵ era considerato come il fattore quasi esclusivo della temperatura, ed insieme con esso, della fauna e della flora. Già l'antica scuola ionica avea insegnato le teorie che ad alcuno son parse nuove, secondo le quali non solo le qualità fisiche, ma

³⁵Cfr. ciò ch'è detto del klima p. 15 (n. 3) [pag.

12, nota 13 in questa edizione *Manuzio*].

anche le qualità morali delle razze umane dipendono dalle condizioni telluriche e climatologiche del paese in cui si vive. Nella presupposizione che le linee isotermitiche fossero regolari e parallele all'equatore, gli antichi stabilivano che le regioni le quali presentassero, tenuto conto della loro altitudine³⁶, una maggiore o minore analogia negli estremi di temperatura, nelle produzioni vegetali od animali, fossero da riguardare come appartenenti alla stessa latitudine. L'astronomo Ipparco mostrò di non tener conto di siffatto crite-

36V. infatti, la riserva prudente fatta da Strabone

II 1, C 73: «non deve far meraviglia se in queste regioni (l'Ircania, l'Asia, la Battriana) ci sono luoghi freddi: sono i luoghi elevati e montuosi, poichè anche nelle latitudini meridionali i monti sono freddi...».

rio³⁷, ma esso venne affermato soprattutto da Posidonio, e rimase prevalente in guisa, che nella tradizione geografica la parola *klima* passò dal suo significato etimologico originario a quello che gli è dato presentemente.

Bisogna riconoscere che con questo criterio gli antichi erano arrivati a qualche determinazione che rispondeva abbastanza alla realtà. Così, Eratostene poneva l'India alla stessa latitudine dell'Etiopia e dell'alto Egitto, perchè nell'India vivevano gli stessi animali che in questi paesi, e gli abitanti settentrionali dell'India rassomigliavano nel colore e nei capelli agli Egizi, i meridionali agli Etiopi³⁸. L'India e l'Etiopia con l'alto Egitto stanno effettivamente, in digrosso, alla stessa latitudine

³⁷In STRAB. II, C. 71.

³⁸ERAT. fr. III, C. 12.

(tra l'8° ed il 26° lat. Nord)³⁹.

L'errore degli antichi, in questo caso, segue naturalmente le variazioni delle isotermiche. Se le regioni del Mar Nero e del Mar d'Azow erano considerate ancora ai tempi di Tolomeo e dopo, come meno alte sul polo, di quel che fossero realmente, la ragione è in gran parte da cercare, io penso, nell'influenza di tale criterio. Si notava che intorno al Bosforo Cimmerio (stretto di Kertsch) i freddi erano eccessivi, e, tra le altre meraviglie, si narrava, che un generale di Mitradata

³⁹Riguardo alla temperatura, l'Etiopia settentrionale coll'alto Egitto, e l'India sono effettivamente, in approssimazione, sotto la stessa isotermica di gennaio (20), la quale taglia il tropico a Siene, e nell'India settentrionale scende sotto Calcutta. L'isotermica di luglio (30) è meno regolare.

avea dato sul ghiaccio una battaglia equestre nello stesso punto in cui nell'està seguente diede una battaglia navale. Eratostene ricordava sinanco un'idria di bronzo rotta dal gelo, la quale era stata appesa nel tempio di Esculapio a Panticapeo, come testimonianza dei freddi di quella regione. Si affermava pure che la vite in quelle regioni non cresceva, o cresceva a stento e non dava frutti. Comunque sia da spiegare questa notizia — giacchè l'attuale limite polare della vite sta abbastanza più a Nord delle regioni adiacenti allo stretto di Kertsch — gli antichi non avrebbero potuto ammettere per questi luoghi una latitudine corrispondente a quella della Gallia meridionale e della pianura del Po (45°): essi l'equiparavano a quella della Gallia settentrionale (Gallia parocœnitide, comprendente Belgio e Olanda)⁴⁰ ove tro-

⁴⁰STRAB. III, C. 74.

vavano il limite polare della vite, ed ove si potevano apprendere notizie di vicini mari nell'inverno gelati.

II.

1. Eratostene visse e lavorò ad Alessandria sotto Tolomeo III, IV e V, morì verso il 194 a. G. C. — Uomo di coltura enciclopedica, «se non il primo in alcuna scienza, certamente il secondo in tutte» egli era filologo e matematico di uguale valore. Fu prefetto della biblioteca alessandrina, e questa carica metteva a sua disposizione le opere più notevoli pubblicate sino allora in qualsiasi disciplina. Così egli era in grado di conoscere quanta d'importante si era scritto sino ai suoi tempi di geografia in generale e di geografia matematica in particolare⁴¹. Ed effettivamente, nel 41V. IPPARCO, in Strabone, II, C. 69. Gli scrittori che secondo i suoi frammenti, Eratostene consultava e citava (nell'opera geografica) sono, oltre a logografi come DAMASTE, ECATEO, XANTHOS, ERODOTO, il fisico STRATONE (con

primo libro della sua opera geografica, egli faceva la storia di questa scienza passando in rassegna coloro che lo avean preceduto. Che nessuna delle misurazioni fino allora eseguite potesse

XANTHOS per l'opinione che il Mar Nero in origine non fosse che un lago, riunitosi poscia al Mediterraneo): PATROCLE, DEIMACO ed una ANAGRAFE DEGLI STATHMOI (= STATHMOI ASIATICI?) per l'interno dell'Asia e l'India (accorda fede quasi esclusivamente a Patrocle); FILONE per l'Etiopia; TIMOSTENE pel Mediterraneo occidentale (lo avrebbe saccheggiato secondo Marciano d'Eraclea: pure, secondo Strabone, lo citava molto, e spesso dissentiva); DICEARCO e PITEA per le regioni dell'occidente e del settentrione. Eratostene si ribellò al dogma che Omero avesse fatto una vera descrizione di luoghi, ma affermò che le regioni da lui

soddisfarlo, è facile a comprendere. Egli si propose di correggere le antiche mappe terrestri, e per dare una base scientifica alla cartografia, si accinse ad una misurazione nuova, a quell'*impresa audace* che dovea soprattutto additare il suo nome all'ammirazione dei contemporanei e dei geografi posteriori.

2. Del processo tenuto nelle operazioni geodetiche eseguite nell'antichità per determinare la grandezza del meridiano terrestre, noi non abbiamo che scarsissime notizie. Uno dei metodi adoperati a questo scopo, e che sicuramente è anteriore ad Eratostene, sarebbe il seguente⁴². Con-

descritte fuori della Grecia non fossero che invenzioni poetiche. «Omero e gli altri antichi conoscevano la Grecia, ma non i paesi lontani».

STRAB. VII, 3, C. 298.

42CLEOMEDE, *cycl. theor. meteor.*, I 8 p. 42 sg.

siderando la città di Lisimachia nel Chersoneso Tracico come posta sotto lo stesso meridiano di Siene⁴³, si ammetteva che la testa della costellazione del Dragone (le stelle β e ξ del Dragone) si trovasse nella sua culminazione allo zenit della prima città, ed il Cancro (cioè secondo ogni verosimiglianza, il γ del Cancro) allo zenit della seconda: tra le due costellazioni si ammetteva poi una differenza di declinazione uguale ad $1/15$ del meridiano⁴⁴, e fra le due città una distanza di 20.000 stadi: quindi la circonferenza del meridia-

Balf. La teoria è esposta in modo strano e confuso.

43La differenza di longitudine è di 4° circa. Lisimachia a 29° circa di long. est da Greenwich, Siene a $22^\circ 51'$.

44V. pag. 17 [pag. 15 in questa edizione *Manuzio*].

no risultava di (20.000×15) 300.000 stadi⁴⁵.

Questo risultato segna ancora un progresso notevole sulle valutazioni anteriori, come quella seguita da Aristotele, la quale attribuiva al meridiano terrestre uno sviluppo di 400.000 stadi. Il ri-

⁴⁵II BERGER. *Gesch. d. wissenschaft. Erdk. d.*

Griechen III Abth, p. 44 sg. (cfr. Frag. d. Eratosth. p. 107 sg., n. 3) suppone che questa misurazione sia dovuta a Dicearco. La ragione principale sarebbe che Lisimachia fu fondata nel 309 a. G. C., epoca in cui fioriva Dicearco, e fu distrutta da' Traci dopo la morte di Lisimaco (281 a. G. C.) e non riedificata che verso la fine del III secolo da Antioco III. La questione è ancora da esaminare, tenuto conto soprattutto dal modo in cui ne parla Archimede nel suo *psammites*, (v. la nota della pagina seguente [nota 46 in questa edizione *Manuzio*]).

sultato della misurazione di Lisimachia, a quanta sembra, ebbe presto diffusione, e se realmente venne accettato, ciò mostra ch'esso veniva riguardato come il più attendibile tra quanti ne esistevano. Che accoglienza abbia avuto presso i matematici noi non sappiamo, ma Archimede ne parla in guisa da non mostrar di fidarsene molto: il che del resto non era che una conseguenza della poca fiducia che egli aveva negli strumenti destinati alla misurazione delle declinazioni siderali⁴⁶.

46V. p. 17, n. 2 [nota 16 in questa edizione *Manuzio*]. Nel *psamm.* 8 p. 246 (Heib.) egli dice: «prima di tutto poniamo che il perimetro della terra sia di 3.000.000 di stadi, e non più, *quantunque alcuni abbian cercato di dimostrare* (καίπερ τινῶν πεπειραμένων ἀποδεικνύειν) come tu sai, che sia di circa (ὥς) 30.000 stadi.»

Una misurazione condotta con criterii analoghi a quella sopra indicata, è da Cleomede (v. c. I, 10, n. 51 Balf) attribuita a Posidonio. Secondo questo geografo, la stella Kanobos, invisibile in Grecia, si levava appena sull'orizzonte a Rodi, mentre ad Alessandria essa culminava di $\frac{1}{4}$ di segno dello zodiaco, cioè di $\frac{1}{48}$ dello zodiaco.

La misurazione di Eratostene non dovea ancora essere stata pubblicata, giacchè è difficile che in questo caso Archimede, il quale era in relazione col mondo scientifico di Alessandria, ed era anche legato da amicizia con Eratostene non l'avesse accennata. (Sostenere che lì Archimede abbia voluto accennare alla misura di Eratostene, dandola 300.000 stadi, è assurdo). La misurazione di «circa 300.000 stadi» ci appare da questo luogo come nota, se non già accetta.

Ne seguiva che l'arco di meridiano tra Rodi e Alessandria equivaleva ad $1/48$ del meridiano ($7^{\circ}30'$). E poichè quest'arco di meridiano era valutato 5.000 stadi, tutto il meridiano ne contava 240.000: ciò, «dato che la distanza da Rodi ad Alessandria sia di 5.000 stadi; se no, sempre in proporzione della distanza». Che una tale misurazione non possa esser propria di Posidonio, è riconosciuto da tutti: si pensa che Posidonio l'abbia addotta come un esempio. Quanto alla grandezza del meridiano, questo geografo approvava, come fa sapere Strabone, una misurazione più recente, che ne riduceva la circonferenza a 180.000 stadi. Ora, se si sostituisce, secondo l'antica osservazione del Riccioli, alla misura di 5.000 stadi tra Rodi e Alessandria, la misura di 3.750 stadi data da Eratostene, si avranno appunto (3750×48) i 180.000 stadi della misurazio-

ne più recente. Chi potrebbe credere che si sia adottata per la distanza tra Alessandria e Rodi una misura come quella di Eratostene, già dedotta da un valore angolare, per esprimere un valore angolare diverso?

3. Tuttavia, queste misurazioni preludevano a quella di Eratostene: esse avevano affermato il metodo con cui il problema poteva essere condotto a soluzione. Il meridiano Siene-Lisimachia non è probabilmente che la variante più antica del meridiano Siene-Alessandria-Rodi-Bizanzio. L'errore totale della valutazione dipendeva da due errori che tendevano a compensarsi: dalla misurazione della distanza fra le due città, superiore di poco men di $\frac{1}{4}$ di quella trovata da Eratostene, e dalla misurazione della differenza di declinazione tra il Dragone e il Cancro, maggiore di

$\frac{1}{6}$ della reale. Per ottenere una valutazione che avesse in sè maggiori requisiti di precisione, bisognava limitare le misurazioni lineari dell'arco di meridiano ad un'estensione più breve e più sicura, e derivare la grandezza angolare non dalla declinazione delle stelle, ma da quella del sole, abbandonando il malsicuro astrolabio per il più fedele gnomone. È quello che fece Eratostene.

Il gnomone di cui egli si servì, almeno, per alcune misurazioni, è quello comune, chiamato *gnomone scioterico*⁴⁷. Se poi si volesse con ciò indicare uno gnomone speciale, forse anche da lui inventato, noi non sappiamo. Per contro però, gli scrittori, che ci han dato conto delle misurazioni da lui eseguite, non indicano lo strumento di cui egli si servì se non come un «orologio a baci-

47Framm. II B. 28 in STRAB. II C. 125 sg.

no» (skaphe o skaphion)⁴⁸. L'invenzione di questo strumento veniva da alcuni attribuita all'astronomo Aristarco di Samo⁴⁹. Esso consisteva in un emisfero metallico concavo, entro cui si alzava il gnomone, eguale, naturalmente, ad $\frac{1}{2}$ diametro, in guisa che il vertice di esso segnava il centro della sfera⁵⁰.

48Skaphe è detto da Cleomede v. p. 41 [pag. 62 in questa edizione *Manuzio*], skaphium (skaphion) da Marciano Capella, 6, 596.

49Vedi VITRUV. IX 9, 1.

50MARCIANO CAPELLA descrive lo skaphion così (VI 596, Erat. fr. II B. 41): *scaphia dicuntur rotunda ex aere vasa, quae horarum ductus stili in medio fundo siti proceritate discriminant, qui stilus gnomon appellatur, cuius umbrae prolixitas aequinoctio centri sui (?) aestimatione dimensa, vicies quater complicata circuli duplicis*

Questo gnomone, colla sua ombra indicava l'altezza e nello stesso tempo, la declinazione del sole. In tal guisa un'accurata, per quanto difficile, costruzione e graduazione dello skaphion, avrebbe potuto permettere di ottenere, anche senza il sussidio del calcolo, la misura dell'angolo formato del gnomone e dal raggio solare che ne terminava l'ombra⁵¹, che è quanto dire la distanza zenitale del sole.

(?) *modum reddidit*. Cfr. il luogo di Cleomede, p. 41 (e la nota 2) [pag. 62 e la nota 57 in questa edizione *Manuzio*].

51La graduazione era in questo caso meno difficile ad ottenere in quanto era adoperata la divisione sessagesimale del circolo. Tuttavia era difficile sempre ad ottenere completamente per via geometrica: bisognava ricorrere di necessità a spedienti empirici.

4. Quando Eratostene abbia intrapresi i suoi studi geodetici, o, come allora si diceva più esattamente, geometrici, non possiamo stabilirlo e non è qui il luogo di discutere su quelle indicazioni che ce ne possono rimanere. Certo, le osservazioni da lui fatte furono molte, e siccome certe osservazioni non erano possibili se non in giorni determinati dell'anno, esse dovettero durare parecchi anni. I due punti estremi ai quali egli estese le osservazioni astronomiche da lui personalmente fatte, sono, in base alle testimonianze degli scrittori, Siene a mezzogiorno e Rodi a settentrione. Alcune parole di Plinio han fatto credere che Eratostene avesse eseguite anche misurazioni sulle coste del Mar Rosso tra le città di Berenice e di Ptolemais Epitheras⁵², ma un esame

⁵²PLIN. VI 171 (ERAT. fr. II B. 37): *Cum in Berenice... ipso die solstitii sexta hora umbrae in to-*

un po' accurato del luogo dello scrittore romano, mostra che quest'interpretazione non sarebbe giustificata; molto meno potrebbero poi aver fede notizie posteriori a noi pervenute da trattati del medio evo⁵³.

tum absumantur... DCII M pass. intervallo a Ptolemaide, res ingentis exempli locusque subtilitatis immensae, mundo ibi deprehenso, cum indubitata ratione umbrarum Eratosthenes mensuram terrae prodere inde coeperit.

53Secondo le notizie contenute nella geometria di GERBERTO D'AURILLAC (papa SILVESTRO II) Eratostene avrebbe eseguito misurazioni tra Siene e Meroe (v. p. 40, nota [nota 54 in questa edizione *Manuzio*]). Sono notizie che contraddicono completamente alla tradizione meglio accertata dell'antichità, e non possono essere accettate. Tra Siene e Meroe aveva eseguito

5. L'obliquità dell'eclittica era stata già valutata molto tempo prima di Eratostene: Eudemo da Rodi avea stabilito ch'essa equivaleva ad $1/15$ del meridiano, determinando così il tropico a 24° . La misurazione di Lisimachia, di cui abbiamo fatto cenno, dà argomento a credere che Siene venisse già allora riguardata come sottostante al tropico del Cancro. Si narra, che vi si fosse scavato un pozzo verticale, come controprova del

alcune misurazioni Filone, un esploratore ai servizi di Tolomeo I (323-285, † 283): egli notava che il sole a Meroe si trova al zenit 45 giorni avanti il solstizio estivo, e registrava anche il rapporto tra il gnomone e l'ombra all'equinozio ed ai solstizi. Eratostene, secondo Ipparco (in STRAB. II C. 77) si accordava in fondo con lui, ciò che non vuol dire che Eratostene avesse misure proprie da mettere in confronto.

fatto che al mezzodì del solstizio estivo il sole si trovasse allo zenit del luogo, e si potè constatare, che il pozzo era pienamente illuminato. Certo, gli antichi potevano disporre di mezzi di controllo meno grossolani di questo, il quale tuttavia poteva essere riguardato come l'equivalente inverso del gnomone. Secondo una notizia, di cui senza ragione si è voluto dubitare, Eratostene verificò a sua volta l'obliquità dell'eclittica, e trovò che l'arco di meridiano compreso tra i due tropici stava col meridiano come 11:83, ciò ch'equivarrebbe a $47^{\circ}42'40''$; quindi il tropico del Cancro veniva stabilito a $23^{\circ}51'20''$ lat. nord: questa misura che fu poi controllata e trovata esatta da Ipparco, venne con leggiera riserva, accettata da Tolomeo, ed ha servito ai moderni per misurare la diminuzione secolare dell'obliquità dell'eclittica. Ottenuta una tale determinazione, bisognava ancora stabilire il

punto esatto in cui il sole si trovava al zenit al mezzodì del giorno solstiziale: Siene non poteva essere indicata in tal circostanza che come un luogo approssimativo.

Non è difficile per noi comprendere che Eratostene non sia riuscito a trovar questo punto con sufficiente precisione. Una frase di Cleomede ci fa sapere che egli lo lasciava indeterminato entro uno spazio di 150 stadi di raggio: vale a dire entro $0^{\circ}25'$ dei suoi. Quest'intervallo, per gli strumenti di cui disponevano gli antichi, rappresenta il minimo dello spazio necessario per una variazione sensibile; e in quest'incertezza nella determinazione del tropico sta una delle ragioni fondamentali del carattere approssimativo della misurazione di Eratostene e della diversità in cui i moderni l'hanno giudicata e compresa.

6. A base delle sue operazioni, Eratostene pose, secondo gli scrittori antichi, l'arco che stava tra Siene ed Alessandria, la cui lunghezza egli poteva riguardare come una delle più sicuramente conosciute, poichè gli era fornita dai ruoli catastali del regno di Egitto. Non rimaneva che determinarne la grandezza angolare. Egli applicò il principio ch'era già presupposto in ogni misura presa col gnomone, e ch'è pienamente in vigore nell'astronomia e nella geodesia moderna, cioè che tutti i raggi solari i quali cadono sulla terra, possono essere riguardati come paralleli alla retta che unisce il centro del sole a quello della terra. In base a questo principio, egli notò il rapporto che esisteva al solstizio d'està tra l'ombra ed il gnomone ad Alessandria. Nella regione del tropico (Siene) naturalmente questo rapporto era nullo. I due gnomoni di Alessandria e di Siene pote-

vano essere considerate come la continuazione del raggio terrestre che incontrava il suolo al punto in cui essi erano situati. Onde, l'angolo formato al centro della terra da questi due raggi, e l'angolo formato, ad Alessandria, del gnomone e dal raggio solare che ne terminava l'ombra, erano due angoli alterni; bastava quindi misurare l'angolo formato dalla estremità dell'ombra col gnomone per avere la grandezza dell'angolo al centro della terra, cioè la misura dell'arco Siene-Alessandria⁵⁴.

54Le fonti principali per la misurazione di Eratostene sono:

CLEOMEDE (v. oltre).

MARCIANO CAPELLA VI 569.

PLINIO, n. h. II 183, 148, VI 171.

STRABONE, il quale ce ne dà ripetutamente i risultati tace poi del metodo.

Un capitolo della *Geometria* di GERBERTO DI

Il solo scrittore che ci abbia lasciata un'esposizione compiuta del metodo tenuto del geografo alessandrino è Cleomede: gli altri l'hanno appena accennato. Noi diamo qui una traduzione, possi-

AURILLAC ha richiamato l'attenzione del

MÜLLENHOFF il quale crede che sia derivato da un antico comentatore di Macrobio (v. *Deutsche Altertums*. I (1870) p. 274 sgg. ed excurs. p. 296 sgg.). Si afferma in esso che Eratostene *a mensoribus Regis Ptolomaei...*

adiutus a Siene usque ad Meroen stadiorum numerum invenit, dispositis namque per intervalla locorum a septentrione meridiem versus horoscopicis vasis simili dimensione et gnomonum aequa longitudine formatis totidem doctos gnomonicae supputationis homines, quot vasa fuerant singulis quibusque in locis imposuit, atque una die omnes umbram meridiani tempo-

bilmente letterale, del luogo di Cleomede, che è d'importanza capitale per la misurazione di Eratostene⁵⁵.

«Egli (cioè, Eratostene) dice che Siene e ed Alessandria si trovano sotto lo stesso meridiano. E poichè i meridiani sono i circoli massimi celesti, è necessità che i circoli terrestri, ad assi corrispondenti, siano circoli massimi anch'essi. Cosicchè, quanto sarà dimostrato grande da questo

ris observare fecit, notare etiam unumquemque sui gnomonis umbram quantae fuisset longitudinis, atque ita comperit quod ultra DCC stadi ad unius longitudinis gnomonem umbra non respondit etc.. Questo procedimento non solo è sconosciuto agli antichi, ma è anzi in contrasto con quello da loro tramandato.

55CLEOM. *cycl. theor. meteor.*, t. 10 p. 53 ed. Balf (= ERAT. fr. II B. 34).

procedimento il circolo che passa per Siene ed Alessandria, altrettanto sarà grande il circolo massimo della terra. Egli afferma pure — ed è realmente così — che Siene giace sotto il tropico del Cancro. Perciò, quando il sole si trova nel Cancro, al solstizio d'està, nel punto precise della sua culminazione, i gnomoni degli orologi necessariamente non danno ombra, poichè il sole sta loro sopra esattamente a piombo: e questo avviene per un diametro di 300 stadi. In Alessandria invece, alla stessa ora, i gnomoni degli orologi mandano ombra, essendo questa città situata più a settentrione di Siene. Ma poichè le due città stanno sotto lo stesso circolo massimo meridiano, se noi descriviamo un arco di circolo dall'ombra dello gnomone alla base di esso gnomone dell'orologio situato in Alessandria, questo arco di circolo sarà un segmento del massimo de'

circoli della skaphe: poichè anche la skaphe dell'orologio ha il suo circolo massimo⁵⁶. Se inoltre immaginiamo che dall'uno e dall'altro gnomone si prolunghino due rette attraverso la terra, esse concorreranno al centro della terra. E poichè il sole sta a piombo supra l'orologio di Siene, se immaginiamo una retta che del sole scenda al vertice del gnomone dell'orologio, si avrà una retta sola che del sole va sino al centro della terra. Se poi immaginiamo un'altra retta che dall'estremità dell'ombra della skaphe situata in Alessandria sia tirata fino al sole, questa retta e l'altra di cui abbiamo parlato innanzi, saranno due parallele le quali da diversi punti del sole scendono a di-

⁵⁶Così è forse da interpretare la frase: ἐπεὶ

μεγίστῳ κύκλῳ ὑπόκειται ἡ τοῦ ὥρολογείου σκάφη. (Letteralmente: poichè la scaphe dell'orologio sta sotto un circolo massimo).

versi punti della terra⁵⁷. Queste due parallele vengono segate dalla retta che del centro della terra va sino al gnomone di Alessandria, in guisa da fare gli angoli alterni uguali: dei quali angoli uno è al centro della terra formato dalla concorrenza delle due rette tirate dai due orologi al centro della terra: l'altro è formato dalla concorrenza del vertice del gnomone situato in Alessandria colla retta tirata dalla estremità dell'ombra sino al sole, retta che passa pel vertice di esso (gnomone). A quest'angolo corrisponde l'arco di circolo segnato tra l'estremità dell'ombra dello gnomone e la base del medesimo: e a quello del centro

⁵⁷Sembra così che Cleomede ammetta il principio del parallelismo dei raggi solari, supponendo che ogni punto della superficie terrestre sia illuminato da un punto corrispondente del disco solare.

della terra l'arco di circolo che si stende fra Siene ed Alessandria. Il rapporto adunque in cui si trovano col proprio circolo l'arco della skaphe, e quello tra Siene ed Alessandria è lo stesso. Ora, l'arco della skaphe risulta equivalente ad $1/50$ del suo circolo: di necessità dunque la distanza tra Siene ed Alessandria è uguale ad $1/50$ del circolo massimo della terra. Questa distanza è di 5.000 stadi, tutto il circolo risulta perciò di 250.000 stadi. Il procedimento di Eratostene è tale»⁵⁸.

⁵⁸Un altro procedimento analogo è indicato da Cleomede in seguito (p. 55 Balf. ERAT. fr. II B. 35).

«Si pongono nel solstizio d'inverno gli orologi nell'una e nell'altra città: l'uno e l'altro manda ombra, ma quella di Alessandria è necessariamente più lunga, essendo questa città più discosta del tropico invernale. Misurando

7. Così Cleomede. La circonferenza del meridiano terrestre sarebbe in tal guisa, secondo lui, di 250.000 stadi. Questa cifra ci è ancora ripetuta da tre o quattro scrittori: per contro, nove o dieci altri — a prescindere da due che ci danno cifre varie — affermano che la misura di Eratostene era 252.000 stadi⁵⁹. Quale di queste due cifre è

l'eccesso di ombra, del quale quella di Alessandria è superata da quella di Siene, si trova che esso è 1/50 del circolo massimo dell'orologio. E così anche da questo si può comprendere che il circolo massimo della terra è di 250.000 stadi.»

59Danno la cifra di **250.000** stadi, oltre

CLEOMEDE, NICEF. BLEMM. *Geogr. Gr. min.* II 496. ARRIANO in IO. PHILOP. *ad Arist. melior.* I 3; 2. DUE ANONIMI in *Geogr. Graeci min.* I 424, II 510. Di **252.000** stadi: STRABONE II C 132 (e in

la vera, od almeno, quella originaria? dobbiamo credere che la cifra di 250.000 stadi sia stata mutata in 252.000 o viceversa? e nell'uno e nell'altro caso quali ragioni ci poterono essere?

La questione è già da lungo tempo discussa, ed i geografi più recenti, come KIEPERT e BERGER si son decisi a favore della cifra lasciataci da Cleomede: essi pensano che la misura originaria ottenuta da Eratostene sia 250.000 stadi: che questa cifra sia stata poi aumentata a 252.000,

molti altri luoghi). PLIN. II 247 e 248. VITRUVIO *de arch.* I 6, 9. CENSORINO *d. die nat.* 13; 12. AMM. MARCELLINO XXII 15; 13. MARCIANO CAPELLA VI 595. 609. TEONE SMIRNEO *de astr.* 3, 148 e 156. MARCIANO D'ERACL. *Geogr. Graeci min.* I 519. ANONIMO *Geogr. Graeci min.* II 494. — GEMINO *isag.* c. 13 (Uranol. p. 50 E, 51 D).

solo per facilitare il computo delle sessagesime e dei gradi, per ottenere, cioè, un numero divisibile per 2 e per 3. Questa modificazione sarebbe stata apportata, secondo il Berger, da Eratostene medesimo, secondo il Kiepert, da Ipparco⁶⁰. Sia computando per sessagesime, come faceva Eratostene, sia per gradi, come faceva Ipparco, la misura di 250.000 era incomoda, perchè dava un numero frazionario, aggiunti invece i 2000 stadi si

⁶⁰KIEPERT, *Lehrb. d. alt. Geogr.* p. 6. BERGER, *Geog. fragm. d. Eratosth.* p. 141 seg. *Gesch. d. wiss. Erdk. d. Griechen* 3 abth. p. 83. Stavano per questa opinione pure, il SEIDEL, *Erato-sth. geog. fragm.* 1789 p. 58 sg. ABENDROTH, *Darstellung u. kritik d. alt. Gradmessungen* p. 37. L'opinione contraria è sostenuta del MÜLLENHOFF *deutsche altert.* I 266 sg. e dal GROSSELLIN, *geog. des Grecs* p. 7.

ottenneva 4200 stadi per ogni sessagesima, 700 per ogni grado. La modificazione avrebbe avuto semplicemente lo scopo di facilitare una operazione d'aritmetica.

Che la cifra di 252.000 stadi sia stata stabilita un po' in vista della sua divisibilità, è possibile, tuttavia mancano le ragioni per credere che la cifra data originariamente da Eratostene sia quella di 250.000 stadi: vi sono anzi migliori ragioni, io credo, per pensare il contrario.

Anzitutto, non si può lasciar da parte la considerazione che gli scrittori più vicini cronologicamente da Eratostene e più autorevoli, sino al I secolo a. G. C. non parlano che di una sola *misure di 252.000 stadi* ed ignorano completamente l'altra. In Strabone⁶¹, che pure ebbe certamente sotto gli occhi le opere geografiche di Eratostene

⁶¹Per GEMINO, v. nota in fine.

e d'Ipparco, non ve n'ha cenno: il che fa credere che non solo egli non lo abbia letto in Eratostene, ma eziandio non abbia trovato in Ipparco nulla che glielo facesse sospettare. Plinio toglieva le sue notizie di seconda e di terza mano, è vero, consultava un numero straordinario di scrittori, e se nemmeno egli vi accenna, vuol dire che non trovò nulla di simile, altrimenti sarebbe difficile che egli, che si compiace tanto di affastellare cifre, l'avesse trascurato. Vitruvio e Marciano Capella non vi accennano nemmeno.

Mettendo per ora da parte Cleomede, la prima volta in cui ci appare la cifra di 250.000 stadi, è in un frammento di Arriano, il quale scrisse, com'è noto, nel II secolo d. G. C. Ma noi non abbiamo neppure un frammento, diremo così, originario di Arriano, ma un frammento riportato da un grammatico alessandrino del VI secolo, e quindi non

sappiamo sino a quai punto le cifre di Arriano siano state fedelmente conservate. Del rimanente, la misura di 250.000 stadi non la troviamo che in Niceforo Blemmide, in un commento ai fenomeni di Arato (il così detto pseudo-Eratostene) ed in un anonimo Bizantino⁶².

8. Lo scrittore più importante sul riguardo rimarrebbe dunque Cleomede. Qual è l'autorità che può avere questo filosofo stoico? È adesso consentito dai filologi che Cleomede non ha lette le opere di Eratostene; si crede altresì ch'egli abbia derivate le notizie relative ai lavori di questo geografo dalle opere di un altro filosofo stoico, da Posidonio. Ciò può esser controverso⁶³, ma ammettiamo pure quest'ipotesi, ch'è la migliore che

62V. p. 44 nota [nota 59 in questa edizione *Manuzio*].

63V. nota in fine.

si possa fare, e lasciamo da parte ogni discussione sul valore di questo fecondissimo studioso come geografo. È certo che Cleomede non avea la preparazione scientifica necessaria per un'opera come quella da lui intrapresa; egli è mal pratico del linguaggio matematico: attribuisce ad Eratostene sul parallelismo dei raggi solari un'opinione, che in quella forma, difficilmente può esser creduta di Eratostene: a Posidonio attribuisce una misurazione che non può essere stata di lui⁶⁴: in ultimo, egli stesso dichiara che non ha voluto far altro che dimostrare la via tenuta da Eratostene per arrivare al suo risultato: quel che gli preme è la chiarezza, ed è realmente di una chiarezza elementare: se in questa sua dimostrazione si fosse trovata in mezzo una frazione a

64V. p. 42 n. 2 e p. 34 sg. [nota 57 e pag. 48 in questa edizione *Manuzio*].

rendergliela un po' complicata, non dobbiamo credere che egli l'avrebbe soppressa?

Questa frazione non era certamente nella misurazione della distanza da Siene (o meglio, del tropico) ad Alessandria, misura che dagli antichi ci vien data concordemente in 5.000 stadi⁶⁵. Essa doveva trovarsi nel rapporto tra il circolo della skaphe e l'arco dell'ombra: ammettendo come misura del meridiano 252.000 stadi, il rapporto sarebbe stato, quale doveva risultare ad Eratostene $1:50\frac{2}{5}$ ossia, colla divisione sessagesimale del circolo da lui seguita, $1\frac{1}{5}$ circa. Cleomede ha semplificato, stabilendo il rapporto di 1:50.

9. Vi ha pure un qualche indizio il quale farebbe credere che la fonte da cui toglieva Cleomede ammetteva come misura del meridiano terrestre

65V. oltre, p. 52 [pag. 81 in questa edizione *Manuzio*].

non 250.000 ma 252.000 stadi. Per dare un'idea della grandezza del meridiano terrestre, Cleomede cita un esempio: «se noi immaginiamo, egli dice, che una saetta si muova lungo il circolo massimo della terra, potrebbe appena, in tre giorni solari, percorrerne i 250.000 stadi»⁶⁶. Ora, questo esempio simile a quelli che si danno nei nostri libri elementari, indicando, per es., quanto tempo metterebbe una locomotiva per compiere il giro dell'equatore, non potrebbe essere addotto se non presupponendo conosciuta una misura, più o meno arbitrariamente determinata sì, ma stabilita e considerata come il percorso ordinario di una saetta in una prima unità di tempo, cioè, per gli

⁶⁶*Cycl. teor. met.* II, 1, p. 71 Balf. Il valore della

frase enfatica di Cleomede: οὐκ ἂν δύναιτο, non sfuggirà a chi abbia letto un po' in questo scrittore.

antichi, in un'ora; e da un'ora, in un giorno solare. Ora, sarebbe assurdo supporre che una tale misura potesse contenere una frazione di stadio, trattandosi semplicemente di una misura *presunta*: essa non poteva esser data che con un numero intero, anzi, un numero tondo. Quale poteva essere questa misura? Se noi dividiamo i 250.000 stadi per 72 (numero delle ore di 3 giorni solari) avremo $3472\frac{2}{9}$ stadi per ora, $83.333\frac{1}{3}$ per giorno; se invece dividiamo 252.000 stadi, abbiamo 3.500 stadi per ora, 84.000 per giorno⁶⁷. Il

⁶⁷Gli antichi avevano un concetto enorme della velocità delle loro saette. Ammesso che il percorso ipotetico di una freccia in un'ora, fosse uguale a 3.500 stadi, si avrebbero (considerando la velocità come costante) 179 m. circa al minuto secondo. Io ricorderò un luogo di ARISTOTELE, *de caelo*, 2, 7, in cui si afferma

computo dunque non poté esser fatto che in base alla seconda cifra, la quale ci mostra che la fonte di Cleomede, nel farlo, aveva in mente un meridiano di 252.000 stadi⁶⁸.

che la velocità delle saette era tale che il piombo di cui erano munite si liquefaceva!

68Questo esempio, naturalmente, avrebbe un valore assai maggiore se potesse esser provato che deriva realmente da Eratostene, tra i frammenti del quale lo ha riportato il Berger.

III.

Altri argomenti potrebbero esser suggeriti dal confronto delle misure angolari, quasi risultano dai dati di Eratostene, colle misure moderne. Per avere risultati sicuri, bisognerebbe però su queste osservazioni astronomiche un complesso di notizie meno indeterminate di quelle di cui per ordinario possiamo disporre. Quando si confrontano misure angolari antiche colle moderne, si ha troppo l'abitudine di scendere ai minuti secondi. Tuttavia è facile comprendere che questi confronti, nella parte più minuta, non possono avere alcuna attendibilità, poichè in tali misurazioni entrano in campo elementi il cui valore non è ancora ben determinato ed apprezzabile, e soprattutto poi, perchè ci è ignoto, quasi costantemente, il punto preciso in cui gli antichi eseguivano le loro

osservazioni.

Da questa parte, una delle osservazioni astronomiche più sicure di Eratostene, anzi, la sola di cui ci sia pervenuta notizia ne' suoi frammenti, è quella fatta a Rodi. L'importanza che il parallelo di Rodi avea nella cartografia della antichità, è stata da noi accennata⁶⁹. Rodi fu in quel periodo uno dei punti più importanti di osservazioni astronomico-geografiche. Le indicazioni che i navigatori fornivano sulla distanza da Alessandria a Rodi variavano da 4.000 a 5.000 stadi. Eratostene sentì il bisogno di determinarla in base ad osservazioni fatte col gnomone, e la stabilì in 3.750 stadi⁷⁰. Questa cifra ci mostra che il rapporto a lui

69V. pag. 14 [pag. 10 in questa edizione *Manuzio*].

70ERAT. fr. II B 28. Cfr. p. 22 [pag. 25 in questa edizione *Manuzio*].

risultato tra l'arco di meridiano Alessandria e Rodi ed il meridiano era $1:67^{1/5,3}$. Egli misurava, cioè, tra Alessandria e Rodi un arco di $5^{\circ}21'26''$. Il luogo di osservazione è qui, assai probabilmente la città di Rodi, e quindi i due termini estremi della osservazione possono essere determinati con sufficiente sicurezza. La differenza di latitudine tra queste due città è di $5^{\circ}10'$: la misurazione di Eratostene conteneva perciò un errore in eccesso di $11'16''$ circa. È questo l'errore minimo possibile, poichè se si ammette un altro luogo di osservazione⁷¹, esso non può essere cercato che a mezzodì della città di Rodi, e quindi l'errore aumenterebbe.

Ora questo errore porterebbe a credere che Eratostene, al contrario d'Ipparco, abbia preso le sue misure dall'estremità della penombra, ma

⁷¹V. oltre.

sventuratamente, noi non siamo in grado di fare alcuna constatazione sufficientemente certa nella parte fondamentale della misurazione di Eratostene, cioè nell'arco di meridiano da Siene (tropico) ad Alessandria.

2. Eratostene aveva tolta a base della sua valutazione la lunghezza dell'arco tra Siene-tropico ed Alessandria, lunghezza stabilita in 5.000 stadi. Questa cifra si è conservata concordemente dagli antichi come misura della distanza fra Siene ed Alessandria⁷². Che questa misura non possa es-

⁷²Eccetto una volta in STRABONE XVII C 786 in cui si trova 5.300 stadi. Si può anche credere che questa sia in realtà la cifra originaria, da cui Eratostene avrebbe tolti i 300 stadi per avere la retta, pur seguendo l'antica opinione che il Nilo corresse direttamente da mezzogiorno a settentrione. Il MÜLLENHOFF, *op. cit.*, osserva

sere se non convenzionale, approssimativa, non è necessario dimostrarlo⁷³. Eratostene poteva sentirsi tanto più autorizzato a servirsene nella sua valutazione, in quanto gli era risultato che

che in Tolomeo vi ha fra Siene ed Alessandria la differenza di $1^{\circ}30'$ e pretende che questa differenza deriva da Eratostene.

7 Il MÜLLENHOFF, il quale aveva preso l'assunto di dimostrare che Eratostene avesse fatto una regolare misura del grado, fondandosi supra tutto sul passo citato della geometria di Gerberto d'Aurillac (v. p. 40 nota [nota 54 in questa edizione *Manuzio*]) e di Plinio (pag. 37 n. 2 [nota 52 in questa edizione *Manuzio*]), arrivava al risultato che la distanza stabilita da Eratostene tra Siene ed Alessandria dipendeva dal valore angolare ($7^{\circ}07'$, cioè, Alessandria $30^{\circ}58'$ Siene-tropico $23^{\circ}51'$) e che doveva essere

sotto il tropico, per lo spazio di 300 stadi, non era possibile constatare una variazione sensibile nell'altezza zenitale del sole. Questi 5.000 stadi sono dati a partire dalla città di Siene od a partire da un punto prossimo a Siene, e considerato come rispondente con più probabilità, al tropico del Cancro?

La questione non può essere risolta in modo sicuro. I 5.000 stadi di Eratostene darebbero, in misura angolare, $7^{\circ}12'16''$ se si ammette un meridiano di 250.000 stadi, e $7^{\circ}8'34''$ se si ammette un meridiano di 252.000. La differenza di latitudine tra Siene ed Alessandria sarebbe, secondo le

$4981\frac{2}{3}$ stadi, ridotti alla cifra tonda di 5.000.

(*Deutsche altertk.* I segg.).

73Per Alessandria, p. VIII n. 4. Siene, secondo il Kiepert, corrisponderebbe, a mezzodì dell'attuale Assouan, a $24^{\circ}04'30''$.

misure moderne, di $7^{\circ}8'23''$ circa⁷⁴, e corrisponderebbe quasi esattamente, come si vede, a quella dedotta dal meridiano di stadi 252.000.

È notevole pertanto che questa misura di $7^{\circ}8'34''$ risponda, con discrepanza veramente minima, alla differenza di latitudine che risulta fra il tropico del Cancro ad Alessandria secondo Ipparco. La latitudine di Alessandria sarebbe, secondo Tolomeo 31° o più precisamente $30^{\circ}58'$ ($30^{\circ}57'50''$). A questo punto Tolomeo toglieva da Ipparco, o almeno si accordava con lui. E Ipparco, a sua volta, si accordava in queste misure con Eratostene, e con lui stabiliva il tropico del Cancro a $23^{\circ}51'20''$ ⁷⁵: la differenza di latitudine

⁷⁴*Almag.* V 12. *Geogr.*

⁷⁵Il prof. FOERSTER, dell'osservatorio di Berlino, calcolava in base alle tavole solari del Leverrier le seguenti quote per l'obliquità dell'eclittica

con Alessandria sarebbe perciò $7^{\circ}6'30''$, vale a dire solo $0^{\circ}02'04''$ più di quel che risulta dalla misura di 5.000 stadi, in rapporto ad un meridiano di 252.000 E questo leggiero eccesso dimostra tuttavia, mi sembra, che la misura di 252.000 stadi non può essere riguardata che come la misura originaria, strettamente legata ai risultati delle misure angolari.

Però, se le misure di Ipparco formano un insie-

ca:

nel 300 a. G. C. $23^{\circ}44'24''$

nel 200 a. G. C. $23^{\circ}43'36''$

media $23^{\circ}44'$.

(V. MÜLLENHOFF, *deutsch. altertk.* I 271 n. 2).

La misurazione di Eratostene e di Ipparco conterrebbe così un errore in eccesso di $0^{\circ}7'20''$.

Ma a parte altre ragioni, noi ci richiamiamo a quel che abbiamo detto innanzi.

me coerente, quelle di Eratostene non sono spiegabili se non ammettendo che egli abbia assegnato ad Alessandria la stessa latitudine che vi assegnava Ipparco, quindi con un errore in difetto di 15' circa⁷⁶, o piuttosto ammettendo che Eratostene abbia riguardata Siene come situata probabilmente sotto al tropico del Cancro, e che quindi la regione in cui i gnomoni non davano ombra al solstizio di està, si stendeva 150 stadi a mezzogiorno e 150 a settentrione di Siene.

In questa seconda ipotesi, la latitudine che Eratostene verrebbe ad assegnare ad Alessandria sarebbe uguale a quella risultante dalle misure moderne, ma tale esattezza deriverebbe da un errore.

⁷⁶Così realmente dietro il DELAMBRE ha pensato il LETRONNE (nei *memoires de l'acad. des inscriptions et BB. LL.* VI (1822) p. 287).

3. È certo però che praticamente il tropico e Siene venivano posti alla latitudine di 24° . Questa quota era già passata nella tradizione geografica, e non solo Eratostene, poneva Siene a 16.800 stadi dall'equatore, ma anche Ipparco raccoglieva per il parallelo di Siene i dati astronomici che si riferiscono al 24° ⁷⁷. Era questa la quota convenzionale del tropico, come per noi il 20° long. ovest da Parigi è la quota convenzionale del meridia-

77V. STRAB. II C. 133 (derivate dalle tabelle astronomiche di Ipparco). Le determinazioni astronomiche per il parallelo Siene-Berenice sono:

- 1.° il sole al solstizio d'està è al zenit.
- 2.° la durata massima del giorno = 13^h30^m .
- 3.° l'orsa maggiore si vede quasi tutta nel circolo artico, eccetto le gambe, l'estremità della coda ed una stella del quadrilatero.

no dell'isola di Ferro.

Del rimanente, la geografia matematica di Eratostene mostra, anche per altri riguardi, il carattere artificioso il quale sta latente nella geografia matematica antica, e che naturalmente si fa più forte là dove più scarseggiavano i dati positivi.

Eratostene si serviva della divisione sessagesimale del circolo⁷⁸. Il quadrante (tetartemorion) di meridiano tra l'equatore ed il polo nord, rimaneva perciò diviso in 15 sessagesime (hexakontades) di 4.200 stadi ciascuna. Ogni sessagesima costituiva così un *klima* propriamente detto, cioè una zona di eguale inclinazione sul polo. Veri paralleli Eratostene non ne indicò: egli seguì tuttavia sulla terra abitata alcune linee parallele, che servissero come termini di raccordo per la determinazio-

78V. BERGER, *Gesch. d. wiss. Erdk.* III 85 (ctr. *die geogr. fragm. d. Erat.* 112).

ne della latitudine dei vari punti della terra abitata. Dei punti principali toccati da tali linee ce ne sono ricordati 8, e noi li notiamo qui appresso, indicando per ciascuno la distanza dell'equatore computata da Eratostene⁷⁹, ed il rapporto in cui questi punti stavano colle sessagesime che noteremo accanto.

79V. i framm. II C 2. II C 3. II C. 5. Cfr. *Gli studi geografici* etc., p. 47 sg.

dall'equatore:

		I ses-	sino a 4.200
		sag.	stadi
Cinnamomo-	8.400	II ses-	sino a 8.400
fora	stadi	sag.	stadi

Meroe 11.800
stadi

III ses- sino a
sag. 12.600 stadi

Siene 16.800 IV ses- sino a

stadi sag. 16.800 stadi

V ses- sino a

sag. 21.000 stadi

Alessandria

21.800

stadi

VI ses- sino a

sag. 25.200 stadi

Rodi

25.550

stadi

VII ses- sino a

sag. 29.400 stadi

Ellesponto

29.900

(Biz.) stadi

VIII ses-sino a

sag. 33.600 stadi

Boristene

34.900

stadi

IX ses- sino a

sag. 37.800 stadi

X ses- sino a

sag. 42.000 stadi

XI ses- sino a

sag. 46.200 stadi

Thule

46.400

stadi

XII ses- sino a

sag. 50.400 stadi

XIII ses-sino a

sag. 54.600 stadi

XIV sino a

sessag. 58.800 stadi

XV ses- sino a

sag. 63.000 stadi

Da questo confronto si scorge facilmente che più d'una latitudine eratostenica è determinata mediante un puro artificio. Così, ad esempio, il klima⁸⁰ della Cinnamomofora che segnava per lui, come ancora per Ipparco, il principio della terra abitata, venne stabilito ad 8.400 stadi dall'equatore evidentemente allo scopo di farlo coincidere col principio della III sessagesima. Similmente il klima di Siene, coincide col tropico⁸¹, e col principio della V sessagesima. Possiamo supporre perciò che anche il klima di Thule, il

80Adopero questa voce nel suo significato originario, piuttosto che quella di «parallelo» comunemente usata: giacchè nel caso nostro non sarebbe propria.

81V. pag. 54 sg. [pag. 87 sg. in questa edizione *Manuzio*].

quale, secondo le cifre rimasteci, sarebbe a 46.000 stadi dall'equatore, dovesse trovarsi piuttosto a 46.200 stadi, coincidere cioè col termine dell'XI sessagesima, tanto più che questa verrebbe a trovarsi al circolo polare, sotto il quale appunto, secondo Eratostene, era situata Thule.

4. Un confronto tra la posizione astronomica assegnata da Eratostene a Meroe e la posizione che questa regione avrebbe realmente, secondo le misurazioni moderne, non è possibile, perchè non è noto il punto al quale vanno riferite le misure di Eratostene. Gli 11.800 stadi di distanza dall'equatore darebbero, secondo il meridiano eratostenico, $16^{\circ}51'25''$:⁸² supposto che la misura si riferisca alle piramidi ($16^{\circ}48'$) si avrebbe un

⁸²Secondo le indicazioni astronomiche di Filone (v. p. 38, n. 1 [nota 53 in questa edizione *Manuzio*]) sarebbe $16^{\circ}58'$.

leggiero errore di eccesso di $0^{\circ}03'25''$.

Un errore di eccesso contengono tutte le misure che stanno a settentrione di Alessandria, e quest'errore si fa tanto più forte quanto più ci avanziamo verso settentrione. La più nordica delle osservazioni fatte personalmente da Eratostene, per quanto sappiamo, è quella di Rodi: per l'Ellesponto e più ancora per Boristene, egli non aveva verosimilmente a sua disposizione che soli dati d'itinerari. Riducendo le sue misure in stadi in misure angolari avremmo:

Eratostene:⁸³ misure moderne:

Ellesponto	$40^{\circ}42'51''$ cir-	$(40^{\circ}30'$ Lisima-
	ca	chia)

Boristene	$49^{\circ}51'30''$	$46^{\circ}40'$.
-----------	---------------------	-------------------

L'errore in eccesso è dunque di $0^{\circ}42'$ almeno per il klima dell'Ellesponto (Lis.) e di $3^{\circ}30'$ per Bo-

83V. ERAT., fr. II C 10. 11.

ristene.

Per Thule, si avrebbe secondo le misure di Eratostene la latitudine di 66° ($17'8''$), vale a dire la latitudine del circolo polare. Ammettendo che in questa determinazione ci sia un errore presumibile di 6° circa, si avrebbe il 60° , e perciò, se cerchiamo questa terra in base a tali dati, si dovrebbe trovare i nell'isoletta di Shetland o piuttosto nelle coste meridionali della Norvegia, le quali appaiono più tardi nella geografia romana col nome di «insula Scatinavia».

5. Oltre a questo meridiano fondamentale, Eratostene segnava un parallelo principale, quello di Rodi. E sembra che questo parallelo differisse pochissimo dal così detto diafragma di Dicearco⁸⁴. «Ne1 terzo libro della geografia⁸⁵ — di-

84Cfr. pag. 14 sg. e 51.

85L'opera di Eratostene era divisa in 3 libri.

ce Strabone di Eratostene⁸⁶ — egli, stabilendo la mappa della terra abitata, la divide in due parti per via di una linea egualmente distante dall'equatore, la quale va da occidente ad oriente. I termini di questa linea sono, per lui, ad occidente le Colonne di Ercole, ad oriente gli ultimi contrafforti di quei monti i quali costituiscono il confine settentrionale dell'India. Egli tira questa linea dalle Colonne di Ercole attraverso lo stretto di Messina, le estremità meridionali del Peloponneso e dell'Attica, sino a Rodi e al golfo Issico (golfo di Alessandretta). Fin qui appunto egli dice che la suddetta linea passa per mare, toccando i continenti adiacenti (giacchè in questa direzione si stende il nostro mare sino alla Cilicia); in seguito, si prolunga quasi direttamente per i monti del Tauro sino all'India: giacchè il Tauro, stendendosi

86II. C. 67 sg. ERAT. fr. III A 2.

direttamente in continuazione alla linea che parte dalle Colonne (d'Ercole), divide l'Asia, in tutta la sua lunghezza, in due parti, una settentrionale e l'altra meridionale: cosicchè sta anch'esso del pari sul parallelo di Atene⁸⁷ non meno del mare che dalle Colonne di Ercole si stende sino a questo punto». Così si scorgono in questo *diafragma* di Eratostene tutte le caratteristiche del diafragma di Dicearco⁸⁸. Questi aveva introdotta anche nella geografia la divisione della terra in parte settentrionale e parte meridionale, divisione che in questo frammento di Eratostene troviamo indicata riguardo all'Asia. Il diafragma di Eratostene correva sul mare sino al golfo Issico, ma Strabone ag-

87I codici di Strabone hanno: διὰ Θινῶν: ma che si debba leggere invece δι' Ἀθηνῶν non può esser discutibile.

88V. pag. 10 sg.

giunge che toccava anche le terre adiacenti⁸⁹, cioè ad oriente di Rodi, la Caria, la Licia e la Cilicia⁹⁰ per le quali regioni passava appunto il diafragma di Dicearco. Ad occidente di Rodi, il diafragma di Eratostene passava, come quello di Dicearco, pel Peloponneso e lo stretto di Messina, e terminava alle Colonne di Ercole, costituite per entrambi dalle due alture all'ingresso orientale dello stretto di Gibilterra, Abila e Calpe (Ceuta e Gibilterra)⁹¹. Eratostene in questa parte non può

⁸⁹Le parole di Strabone sono anzi (l. c.) διὰ

θαλάσσης καὶ τῶν παρακειμένων ἡπείρων.

⁹⁰La Caria, anche secondo Ipparco, era considerata come ad oriente di Rodi. Vedi il frammento in Strab. II C. 87 (pag. sg.).

⁹¹Diamo la latitudine de' punti toccati dal diafragma:

Rodi Atene Peloponneso Stretto di Messina Str.

essersi allontanato da Dicearco che in punti d'importanza secondaria: l'introduzione del diafragma aveva dato un avviamento nuovo alla cartografia, e noi possiamo comprendere benissimo che Polibio consideri Dicearco ed Eratostene come i rappresentanti della nuova geografia⁹².

Ipparco, in un frammento conservatoci da Strabone⁹³ dice di Eratostene: «egli afferma che la variazione (data dal gnomone) comincia a farsi sentire a 400 stadi, quanto appunto ne stanno tra il parallelo di Rodi e quello di Atene,.... una differenza di tanti stadi poteva appunto constatarsi tra il parallelo di Atene, misurato collo gnomone, e quello di Rodi e della Caria.» Così, queste parole

di Gibilterra.

36°23' 38° (Malea?) 38°-38°15' 35°55'-36°.

92POLIB. in Strab. II C. 104.

93II C. 87. ERAT. fr. III A. 15.

sono da interpretare nel senso che Eratostene abbia collocato Rodi ed Atene sotto lo stesso parallelo, nonostante che tra i due luoghi intercedesse già il minimo della distanza da lui riguardata come necessaria perchè la differenza di latitudine sia sensibile all'osservatore⁹⁴. Il parallelo di Rodi è per Eratostene il parallelo di Atene⁹⁵. E del resto, il fatto trova una facile spiegazione. Il

⁹⁴Non è qui il luogo di esporre le ragioni per cui io credo che non sia da seguire l'interpretazione del BERGER (*geogr. fragm.* p. 187) e degli altri secondo la quale Eratostene avrebbe realmente misurata una differenza di 400 stadi tra i due paralleli. L'osservazione d'Ipparco in questo caso, a mio parere, non si comprenderebbe più.

⁹⁵Vedi infatti STRAB. II C 79 (ERAT. fr. III B. 25) II C 87 (ERAT. fr. III A 3) e altrove.

rapporto equinoziale tra l'ombra ed il gnomone sarebbe in Atene secondo le tabelle medesime di Ipparco⁹⁶, come 4:3. Eratostene computava dall'equatore a Rodi la distanza di 25.550 stadi, ciò che darebbe, in misura angolare — computando su di un meridiano di 252.000 stadi — la quota 36°30'. Questa misura, convertita in rapporto tra l'ombra ed il gnomone darebbe appunto, come ad Atene, 4:3 (o più precisamente 200:147).

Accanto a Rodi, e direi quasi, in proporzioni più modeste, troviamo in Eratostene un altro punto d'intersezione del diafragma, e questo è lo stretto di Messina (e forse più precisamente la città stessa di Messina). Questa città in effetto si trova quasi esattamente sotto il parallelo stesso di Atene (38°), e ciò prova che questa parte del dia-

⁹⁶HIPP. *ad phaen. Arabi* (PETAV. *Uran.* 179 D).

fragma era stata stabilita con buone osservazioni. Per lo stretto di Messina passava d'altro canto il meridiano Cartagine-Roma⁹⁷: si avea così, sullo stretto un altro punto d'intersezione corrispondente a quello di Rodi. Ora, se difficilmente si può concedere a Polemone⁹⁸ che Eratostene non abbia neppure una volta visitato Atene, difficilmente si può ammettere d'altro canto ch'egli sia stato a Messana, e vi abbia eseguite misurazioni; nessuno almeno, lo ha detto, e non vi ha nessuna ragione di crederlo: tutto invece induce a credere che in questo punto Eratostene abbia seguito Dicearco, il quale potè cercar di fare della sua patria un punto, che avesse nella cartografia un'importanza non molto inferiore a quella di Rodi.

⁹⁷Vedi pag. 20.

⁹⁸In STRAB. I C. 14 sg.

6. Secondo le idee degli antichi, la terra abitata raggiungeva la sua massima lunghezza appunto sul parallelo di Rodi. Nelle parti settentrionali e nelle parti meridionali la terra si andava restringendo in guisa da esser simile, secondo Posidonio, ad una fionda (sphendone)⁹⁹, o, secondo l'immagine instancabilmente ripetuta da Strabone, e derivata forse da Eratostene, ad una clamide (tessalica). Ed Eratostene avea sentito il bisogno di calcolare ancora la circonferenza di questo parallelo di Rodi, per conoscere il rapporto in cui stava con essa la lunghezza massima della terra abitata. Da un frammento riportatoci, assai

⁹⁹V. AGATEMERO, *Op. cit.* I 4. (MÜLLER, *geogr.*

Graeci min. II 470), il quale enumera le forme che si attribuivano alla terra. La forma della sphendone è nota (<>).

malamente del resto, da Strabone¹⁰⁰, si vede che Eratostene riguardava la lunghezza massima della terra abitata come maggiore del terzo del parallelo di Rodi, e la circonferenza di questo come «minore» di 200.000 mila stadi.

Dall'equatore al parallelo di Rodi Eratostene computava, come abbiamo veduto, 25.550 stadi. Ora, data questa misura, e data pei circoli massimi la circonferenza di 252.000 stadi, il perimetro del parallelo di Rodi risulta di stadi 202.571. La lunghezza massima che Eratostene attribuiva alla terra abitata non può esser definita bene: essa varia tra 73.800 e 77.800 stadi: in qualunque caso, essa è superiore ad $\frac{1}{3}$ circonferenza del parallelo. Però, Strabone ha malamente riportata la notizia affermando che la circonferenza del parallelo di Rodi era «minore» di 200.000 stadi. Egli

100I. C. 64. ERAT., fr. II, A. 6.

voleva dire «maggiore», ed è impossibile ammettere che l'errore derivi da Eratostene.

7. Per conoscere in che rapporto stia il risultato finale della misurazione del meridiano fatta da Eratostene, con le misurazioni moderne, bisognerebbe conoscere con esattezza il valore dell'unità di misura di cui si serviva Eratostene: lo *stadio*¹⁰¹.

Qual è il valore dello stadio Eratostenico?

È questo uno dei quisiti che han destato maggiore interesse nella storia della misurazione eratostenica. Gli stadi più comuni in Grecia come misura erano due: lo stadi olimpico di 192 m. lo stadio attico di $177\frac{1}{3}$. All'epoca della prevalenza romana, si usò ragguagliare lo stadio ad $\frac{1}{8}$ di miglio romano (1480 metri), creando così uno stadio di

¹⁰¹Lo stadio greco risultava generalmente, come è noto, di 600 pedi, o 400 cubiti, o 100 tese.

185 metri che tiene certo modo il mezzo tra lo stadio olimpico e lo stadio attico. In effetto però il miglio romano conteneva, secondo l'osservazione di Polibio riportata di Strabone, $8\frac{1}{3}$ stadi attici¹⁰².

E sarebbe appunto lo stadio attico quello di cui si serve Eratostene, se dovessimo prestar fede ad un metrologo il quale afferma che il miglio «secondo i geografi Eratostene e Strabone» vale $8\frac{1}{3}$ stadi, ossia tese 833. Però qui vi ha un equivoco manifesto: la notizia deriva dal luogo di Strabone innanzi ricordato, e si è senza dubbio sostituito erroneamente il nome di Eratostene a quello di Polibio.

Invece, si è pensato che lo stadio di cui si doveva servire Eratostene fosse più piccolo degli stadi conosciuti, e si creò uno stadio uguale ad

102STRAB. VII C. 322. Cfr. ERAT. *fr.* II B 44.

1/10 di miglio romano (cioè di 148 m.). Di questo stadio si volevano veder tracce in un luogo dell'*itinerarium Hierosolymitanum*, ed in un alto riconosciutamente guasto di Censorino¹⁰³.

Eratostene si serviva dei dati del catasto egiziano¹⁰⁴ e la misura adoperata in Egitto era lo scheno (schoinos). Il rapporto dello scheno collo stadio è dato nella maniera più diversa: «quando io risalii in nave il Nilo — dice Strabone —¹⁰⁵ la

103*de die nat.* c. 13 Censorino del resto parla di uno stadio pitico di 1000 piedi: perchè ciò è impossibile, si supposeva che la cifra di Censorino si riferisse ad uno stadio doppio. Lo stadio Pitico sarebbe così di 500 piedi (contro l'uso comune di greci, v. p. 64 n. 1 [nota 101 in questa edizione *Manuzio*].

104XI C 518 cfr. XVII 804 C.

105MARC. CAPELLA VI 596 (ERAT. fr. II, B 41):

misura degli scheni contati da una città ad un'altra variava secondo i luoghi: cosichè lo stesso numero di scheni, in un punto corrispondeva ad una navigazione più lunga, in un altro ad una più breve: e queste sono diversità che dalle origini si conservano sino adesso.»

Il geografo Artemidoro contava sul Delta lo scheno uguale a 30 stadi, da Menfi alla Tebaide uguale a 120, da Tebaide a Siene uguale a 60¹⁰⁶. Teofane Mitileneo e Strabone conoscono scheni di 40 stadi¹⁰⁷. Quindi se Plinio dice¹⁰⁸ che secon-

Eratosthenes vero a Syene ad Meroen (?) per mensores regis Ptolomaei certus de stadiorum numero redditus. Cfr. GERBERTO D'AURILLAC (p. 40 n. 1).

106STRAB. XVII 804 C.

107STRAB. 1. c. XI C 530.

108ERAT. fr. II B 44.

do Eratostene lo scheno era di 40 stadi e alcuni lo contavano di 32, noi siamo nel pieno diritto di dubitare che la notizia di Plinio, così com'è data, sia esatta, e che perciò possa essere assunta come una prova per lo stadio di 148 m. Nè più ragione ha di essere accolta l'ipotesi che Eratostene si servisse di uno stadio fondato supra il nilometro di Elefantina, e composto, contrariamente all'uso greco, di 300 cubiti (450 piedi) equivalenti a m. 158,25. Questi tentativi di dimostrare che Eratostene si servisse di uno stadio più breve degli altri due stadi comunemente usati, l'attico e l'olimpico, sono certo benevoli pel geografo, giacchè, ammessa questa misura di stadio, la valutazione da lui data sarebbe, per la latitudine dell'Egitto, mirabilmente prossima, anzi quasi uguale a quella che risulta dalle valutazioni odierne. Ma in questo concetto sta una piccola parte

dell'errore di coloro che, presupponendo esatta la misurazione di Eratostene cercarono, con strano metodo, di derivare dal meridiano stesso il valore dello stadio.

Tutto invece porta a credere che già nel III secolo a. G. C. col progredire degli studi geografici¹⁰⁹ fosse venuto in uso uno «stadio geografico» che potremmo chiamare «attico-olimpico» poichè esso venne ragguagliato ad $\frac{1}{8}$ di miglio romano, cioè 185 m., e sta così di mezzo tra l'uno e l'altro. Eratostene si valeva di fonti diverse¹¹⁰, e non si può ammettere che tutte si siano servite di uno stadio eguale a quello egiziano di cui si serviva Eratostene: le riduzioni perciò avrebbero dovuto essere necessarie e frequenti: eppure nei frammenti non pochi pervenutici da Eratostene,

109XII 53 (ERAT. fr. II B 43).

110V. pag. 31 n. 1.

non si ha traccia di una qualsiasi riduzione. E vi ha di più: Artemidoro, il dotto ed infaticabile geografo il quale fece una enorme raccolta di misure itinerarie marittime e terrestri, ha, per la lunghezza dell'Asia, seguiti in gran parte i dati di Eratostene¹¹¹. Egli si serviva senza dubbio dello stadio geografico, ed abbiamo veduto che si era anche occupato delle varie riduzioni dello scheno in stadi: avrebbe egli potuto ignorare che lo stadio di Eratostene rappresentava una riduzione diversa dalla sua? o si può ammettere che Eratostene si sia servito di uno stadio nella valutazione del meridiano, di un altro nelle dimensioni della terra abitata? Se così fosse, il rapporto tra lunghezza totale della terra abitata e la circonferenza del pa-

111Cfr. STRAB. XIV C. 663. Vedi *Gli studi geografici* etc. I p. 39 sg. Lo stesso si dica per le misure del Ponto, p. 59 sg.