

# La terra era rotonda?

*di Fausto VITIELLO*



Roma, 21 settembre 2011



## Abstract

The paper describes the analysis concerning the shape of the earth. In the beginning after a historical excursus it wonders when the man got necessary knowledge to say correctly what will be the shape of the earth and to compute its radius. A virtual scientist, Tairamosthenes, will be created and in an old past time he was working to solve the problem through scientific observation, making a hypothesis and designing experiments at the end to verify the studied theory. Result of analysis allows to conclude that man in his way to knowledge had had mathematics, geometric and algebraic facilities in order to make experiments to verify the theory in the II and perhaps in the III millennium b.C., in a more ancient age than known in the VI century b.C. when Pitagora supposed the spherical shape of the earth and in the III century b.C. when Eratosthenes computed its radius.

## Riassunto

La monografia tratta della forma del pianeta terra ed in particolare dopo brevi richiami storici affronta il quesito di quando l'uomo ha raggiunto le conoscenze necessarie e sufficienti per dedurre correttamente quale fosse la forma della terra e per calcolare il suo raggio. Viene quindi creato uno scienziato virtuale, Tairamostene, che in epoca remota cerca di risolvere il problema attraverso l'osservazione delle evidenze scientifiche, la formulazione di un'ipotesi e la predisposizione di esperimenti da realizzare per verificare la teoria elaborata. Il risultato dell'analisi porta a concludere che l'uomo nel suo cammino verso la conoscenza ha avuto a disposizione gli strumenti matematici, geometrici ed algebrici con la possibilità di realizzare esperimenti pratici per la determinazione della forma della terra e per il calcolo del suo raggio già nel II e forse nel III millennio a.C., quindi in un periodo di molto antecedente a quanto oggi noto dalle fonti storiche e riferibile ai pitagorici nel VI secolo a.C. per la formulazione dell'ipotesi di terra rotonda e ad Eratostene nel III secolo a.C. per il calcolo del suo raggio.

# La terra era rotonda?

*di Fausto VITIELLO*

# La terra era rotonda?

di Fausto VITIELLO

## PROLUSIONE

Le conoscenze scientifiche attuali consentono di affermare senza alcuna incertezza che la terra è rotonda, cioè che la forma della terra (il geoide) è assimilabile ad una sfera (leggermente schiacciata ai poli). Le immagini riprese dai satelliti artificiali in orbita intorno alla terra lo dimostrano inequivocabilmente.

La ricerca storico-scientifica ha cercato di individuare documentazione che evidenziasse quando l'uomo nel suo cammino verso la conoscenza comprese che la terra era rotonda e determinò seppure approssimativamente il suo raggio (in letteratura vi sono diversi documenti a riguardo).

Vi è però anche un altro quesito, che poi è quello oggetto del nostro interesse: quando l'uomo ha raggiunto il livello di conoscenza necessaria e sufficiente per dedurre correttamente quale fosse la forma della terra e per calcolare il suo raggio?

Ci proponiamo quindi di dare una risposta a tale domanda e vedremo che vi saranno alcune sorprese riguardo a quello che comunemente si pensa.

L'astronomia, la geografia e la geodesia, con la filosofia, sono scienze che risalgono alla notte dei tempi: dobbiamo ritenere che sumeri, babilonesi, egizi, greci, cinesi, indiani, ecc. avevano sviluppato conoscenze scientifiche considerevoli a riguardo.

Facciamo quindi un passo indietro in un tempo indefinito nel quale l'uomo nello sviluppo delle sue conoscenze incominciava a porsi la domanda: qual è la forma della terra? Per rispondere a tale domanda creiamo uno scienziato virtuale che chiameremo Tairamostene, appartenente al popolo degli .... (vedremo poi quale potrebbe essere stato il suo popolo).

Dobbiamo a questo punto formulare delle ipotesi di lavoro che ci consentano di sviluppare i nostri ragionamenti: di quali strumenti scientifici dotiamo il nostro Tairamostene?

-Calcolatrice elettronica? Senz'altro no. Dobbiamo però immaginare che egli fosse in grado di effettuare calcoli matematici, anche se quel tempo non era stata sviluppata compiutamente la teoria dei numeri e non era disponibile il sistema metrico decimale come lo conosciamo oggi. Qualunque sia stato il suo sistema di misura è possibile ritenere che possa essere ricondotto al Sistema Internazionale attualmente in uso e quindi possiamo utilizzare quest'ultimo per i nostri ragionamenti, essendo consapevoli che il sistema utilizzato da Tairamostene era sensibilmente diverso, ma che ciò non inficerà la validità delle nostre conclusioni.

-Carta e penna? Certamente no. La carta è un'invenzione relativamente recente, dobbiamo però ritenere che Tairamostene avesse a disposizione un supporto (qualsiasi esso fosse stato) su cui scrivere e disegnare con uno strumento idoneo allo scopo (tavole di argilla o di legno, papiri, punte, pennelli, ...).

-Concetto di circonferenza e di sfera? È un concetto che necessariamente Tairamostene doveva avere per poter affermare che la terra è rotonda. Ciò significa che doveva avere

conoscenze di base sulla geometria quali le nozioni di linee rette e curve e di alcune figure geometriche, in particolare cerchio (inteso anche come sezione della sfera) e triangolo rettangolo con le relative proprietà: la costanza del rapporto tra circonferenza e raggio del cerchio e l'eguaglianza dell'area del quadrato costruito sull'ipotenusa con la somma di quelle dei quadrati costruiti sui cateti del triangolo rettangolo, noto come teorema di Pitagora in quanto da lui dimostrato nel VI secolo a.C.. Tale proprietà era conosciuta da babilonesi e indiani molto prima della sua dimostrazione.

- Conoscenza delle equazioni algebriche? Sì. Vedremo, infatti, che sarà necessario impostare e risolvere equazioni algebriche di primo e secondo grado.

-Dobbiamo infine immaginare che Tairamostene avesse la capacità organizzativa per realizzare misure di lunghezza fino ad alcuni km, o un'equivalente lunghezza secondo le misure in uso all'epoca nel luogo. In ogni caso la misura della lunghezza è sempre un rapporto rispetto ad un campione di riferimento, possiamo quindi, come già detto, utilizzare per i nostri ragionamenti il metro, anche se pienamente consapevoli che all'epoca di cui trattasi non esisteva.

Vedremo che tali cognizioni sono sufficienti per ottenere la soluzione e ci meraviglia che le conoscenze richieste sono tutto sommato abbastanza elementari. Aggiungiamo alle conoscenze indicate il principio del metodo scientifico che, benché sia stato enunciato compiutamente da Galileo, dobbiamo considerare inconsapevolmente acquisito dal nostro Tairamostene.

## CENNI STORICI

Le fonti storiche<sup>1</sup> di cui siamo a conoscenza ci inducono a pensare che nell'antichità i greci considerassero la terra un disco a due facce (Anassimandro, prima metà del VI secolo a.C.).

L'idea che la terra fosse rotonda fu introdotta dai pitagorici (seconda metà del VI secolo a.C.) sulla base della perfezione della forma sferica. Nel IV secolo a.C. Aristotele ribadì tale concetto riferendosi alla forma circolare dell'ombra della terra sulla luna durante le eclissi di luna.

La prima stima del raggio terrestre risulta sia stata data nel III secolo a.C. dal filosofo Eratostene di Cirene, bibliotecario di Alessandria, sulla base di considerazioni astronomiche: nel giorno del solstizio d'estate a mezzogiorno il sole a Siene nel Sud dell'Egitto (oggi Assuan), che è sul tropico del Cancro, era riflesso in un pozzo profondo e quindi allo zenit e ad Alessandria, che è più a Nord sul delta del Nilo, era inclinato di circa 7°. Considerando la distanza tra Assuan e Alessandria pari a circa 5 000 stadi (antica misura egizia di distanza) egli stimò che la circonferenza terrestre doveva essere pari a circa 250 000 stadi, corrispondenti a circa 40 000 km attuali.

Tale descrizione non è giunta direttamente a noi, ma è riportata nell'opera *Caelestia*<sup>2,3</sup> di Cleomede che riporta anche a riguardo le considerazioni fatte dal greco Posidonio (II – I

<sup>1</sup> Lucio RUSSO, *La rivoluzione dimenticata*. Feltrinelli. 2001.

<sup>2</sup> Robert TODD, *Cleomedes Caelestia*. Teubner. Leipzig. 1990.

<sup>3</sup> Alan C. BOWEN, *Cleomedes Lectures on Astronomy: a Translation of the Heavens*. University of California Press. Berkeley. 2004.

secolo a.C.) sulla base di considerazioni astronomiche riguardanti l'osservazione dell'altezza sull'orizzonte della Stella Canopo a Rodi e in Egitto<sup>4</sup>.

Risulta che successivamente altri si cimentarono con il problema, come il califfo di Bagdad El Ma'mun nel IX secolo d.C.

Studi ripresi poi da Colombo per dimostrare al Re di Spagna Ferdinando e alla Regina Isabella che si poteva arrivare alle Indie da Ovest.

Nel frattempo Aristarco di Samo nel III secolo a.C. formulò la teoria eliocentrica che non ebbe molta fortuna e venne soppiantata nel II secolo a.C. da quella geocentrica di Ipparco (considerato il più grande astronomo dell'antichità). Successivamente nel II secolo d.C. Tolomeo, che visse ad Alessandria, riprese il modello astronomico geocentrico del sistema solare di Ipparco, modello che venne considerato realistico fino al XVI secolo quando l'astronomo polacco Copernico enunciò il suo modello eliocentrico.

## OSSERVAZIONE

Torniamo al nostro Tairamostene che in un'epoca indefinita parte per il suo viaggio nell'ignoto chiedendosi: che forma ha la terra? Egli quindi "medita" ed "osserva". La sua attenzione più che sulla terraferma (pianure, colline, montagne, fiumi, laghi) è attirata dal mare: l'acqua assume la forma del recipiente che la contiene. Egli immagina di avere un recipiente pieno d'acqua che si può ingrandire virtualmente a dismisura e quindi la superficie dell'acqua si allarga conseguentemente pur rimanendo sempre piana. Sarà vero? Se così fosse osservando il mare la linea dell'orizzonte dovrebbe essere una retta ma meraviglia: non è così, è una curva!



**L'orizzonte marino**

---

<sup>4</sup> Nella sua opera *Caelestia* Cleomede si interessa anche della forma della terra dissertando su varie ipotesi e concludendo per esclusione che la terra non può essere che rotonda.

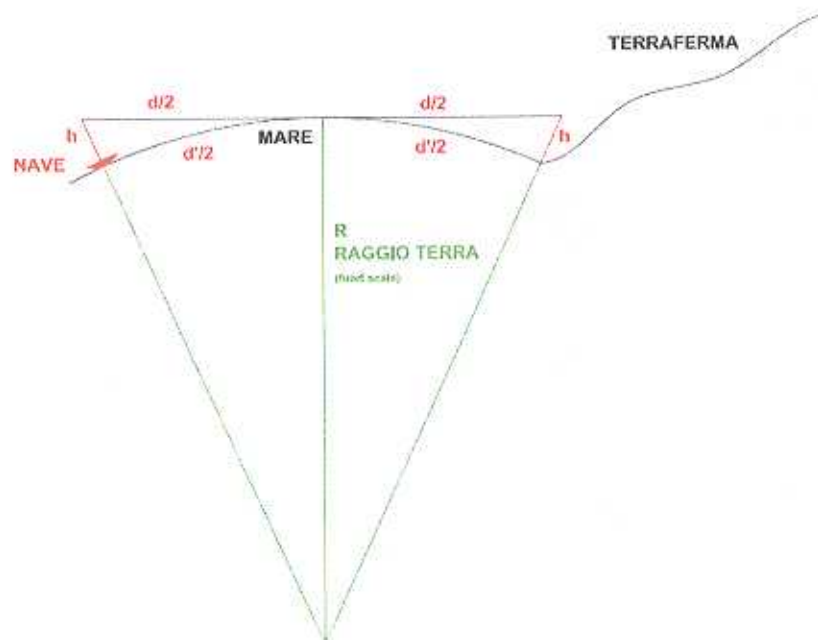
Come è possibile? L'orizzonte è una curva, anche se con raggio di curvatura molto grande, e sicuramente non è una retta.

## IPOTESI

Allora la terra è un disco? Se così fosse all'orizzonte la terra finirebbe. No, non è così, basta prendere una nave e allontanandosi dalla costa si vede che il mare non finisce, anzi accade un fenomeno strano: allontanandosi dalla costa comincia a scomparire dapprima la linea di battigia, poi la costa, poi le colline e così via<sup>5</sup>. I pensieri corrono veloci nella mente di Tairamostene e si accavallano per trovare una spiegazione logica. Allora Tairamostene osserva il cielo: il sole e la luna sono gli astri più evidenti e sono rotondi sembrano dischi che si muovono nel cielo. O sono dischi o sono sfere, altre ipotesi non sono scientificamente plausibili. Che anche la terra sia fatta allo stesso modo? Se la terra non è un disco allora è una sfera! L'ipotesi prende corpo, altre soluzioni razionali non si trovano. Tairamostene comincia a pensare che la terra sia rotonda, ma come può dimostrarlo?

## L'ESPERIMENTO N. 1

Una nave che si allontana dalla costa scompare all'orizzonte in un modo ben determinato: prima sparisce lo scafo, poi l'albero e quando si avvicina alla costa accade l'inverso. Il nostro Tairamostene comincia a disegnare: una sfera, un cerchio, una nave, la costa e prova a spostare la nave sul disegno, funziona! Comincia ad illuminarsi: la soluzione è vicina!



Schema grafico dell'esperienza n. 1

(NB: le misure sono fuori scala per evidenziare gli aspetti più significativi)

<sup>5</sup> Tale evidenza è riportata, oltre che da Cleomede, anche da Strabone (I secolo d.C.) nella sua opera *Geographica* nella quale riferisce che zone di terre più elevate sono visibili ai marinai da distanze maggiori di quanto lo sarebbero se fossero meno alte. Mauro ARPINO, *Le idee dell'astronomia*, Nostromics. 2010.

Comincia quindi a pensare all'esperimento che possa dimostrare il suo pensiero. In quel tempo i pescatori usavano già reti con cordame e galleggianti, quindi si tratta di realizzare una corda molto lunga che galleggi e che possa essere usata per misurare la distanza dalla costa quando la nave comincia a scomparire. L'idea è quella di piantare sulla spiaggia alcuni pali di qualche metro tra i quali stendere un telo bianco che possa essere visto agevolmente da alcuni chilometri. Bisogna poi caricare su una nave la corda da legare ad uno dei pali di cui sopra e far allontanare l'imbarcazione svolgendo via via la corda. Si ottiene così la misura della distanza corrispondente alla scomparsa del telo di riferimento sulla spiaggia; alcuni specchi in bronzo fissati sulla sua sommità dei pali possono essere utili all'osservazione: il riflesso della luce solare si vede a grande distanza in una giornata limpida e ovviamente in condizioni di mare di calma piatta (condizioni necessarie alla conduzione dell'esperimento).

### I CALCOLI DELL'ESPERIMENTO N. 1

Congegnato l'esperimento Tairamostene si immerge nei calcoli.

Applica alla sezione indicata le proprietà del triangolo rettangolo oggi note come teorema di Pitagora. La distanza  $d'$  misurata sulla curvatura terrestre è sostanzialmente uguale alla sua tangente trigonometrica  $d$  per angoli dell'ordine di alcuni mrad quali quelli in argomento.

$$(R + h)^2 = (d/2)^2 + R^2$$

Sviluppa il quadrato del binomio:

$$R^2 + h^2 + 2Rh = d^2/4 + R^2$$

Semplifica e risolve in R:

$$R = (d^2/4 - h^2) / 2h$$

Che è un'equazione di 1° grado nella quale il termine  $h^2$  è trascurabile.

Sostituendo i valori di  $d$  (ponendo  $d = d'$ ) e di  $h$  risultanti dall'esperimento ottiene il risultato del raggio terrestre.

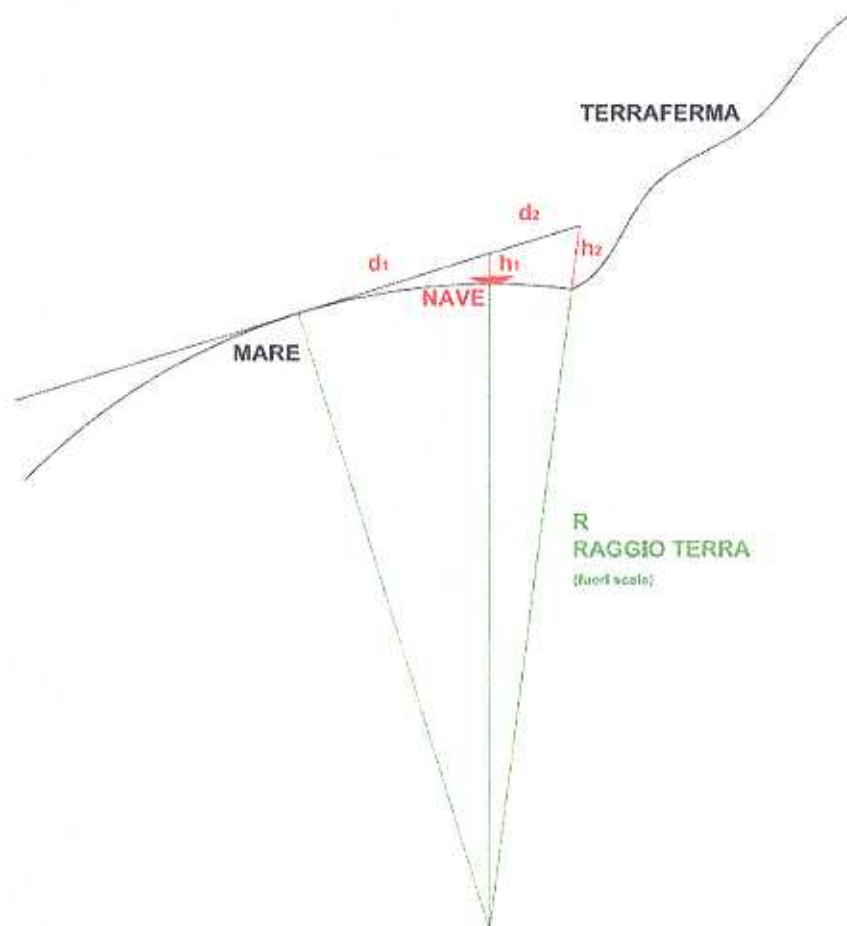
Nella tabella che segue vengono riportati esempi dei valori del calcolo per diverse altezze  $h$  e di conseguenza della distanza  $d$ .

d (km)	h (m)	R (km)
7,139	1	6 370
10,096	2	6 370
12,364	3	6 370
14,277	4	6 370
15,962	5	6 370
17,486	6	6 370

Risulta evidente che più  $h$  (e conseguentemente  $d$ ) è maggiore e più si ha accuratezza della misura e quindi per effettuare una buona misura bisogna predisporre una corda galleggiante di diversi km.

## L'ESPERIMENTO N. 2

Tairamostene prosegue con i suoi ragionamenti, sia per avere un riscontro diverso al suo esperimento n. 1, sia per semplificare la realizzazione dell'esperimento con una corda più corta. Continua quindi a lavorare sul suo disegno. Se la nave che si allontana dalla costa fosse tra la spiaggia e l'orizzonte? Ma sì, funziona anche così.



### Schema grafico dell'esperimento n. 2

(NB: le misure sono fuori scala per evidenziare gli aspetti più significativi)

In questo caso però conviene svolgere la corda da terra legandola alla nave e misurare la distanza  $a = d_2 - d_1$  quando la sommità dell'albero della nave (evidenziata anche con una vela e con specchi in bronzo) si allinea con l'orizzonte.

### I CALCOLI DELL'ESPERIEMNTO N. 2

Consegnato il nuovo esperimento Tairamostene si immerge di nuovo nei calcoli.

Applica alle sezioni indicate le proprietà del triangolo rettangolo. Ancora le distanze  $d_1'$  e  $d_2'$  misurate sulla curvatura terrestre sono sostanzialmente uguali alle relative tangenti trigonometriche  $d_1$  e  $d_2$  per angoli dell'ordine di alcuni mrad quali quelli in argomento. Ottiene quindi

$$(R + h_1)^2 = (d_1)^2 + R^2$$

$$(R + h_2)^2 = (d_2)^2 + R^2$$

Sviluppa i quadrati dei binomi:

$$R^2 + h^2 + 2Rh_1 = d_1^2 + R^2$$

$$R^2 + h^2 + 2Rh_2 = d_2^2 + R^2$$

Semplifica e risolve in R (il termine  $h^2$  è trascurabile):

$$R = d_1^2 / 2h_1$$

$$R = d_2^2 / 2h_2$$

Cioè:

$$h_2/h_1 = d_2^2 / d_1^2$$

Essendo  $a = d_2 - d_1$  la misura che viene determinata dalla lunghezza della corda tra la spiaggia e la nave nell'esecuzione dell'esperimento, dalle equazioni precedenti si ottiene un'equazione di 2° grado in funzione di  $a$ .

Dalla tabella del precedente esperimento si ottiene una nuova tabella:

d (km)	d1, d2 (km)	h1, h2 (m)	R (km)
7,139	3,569	1	6 370
10,096	5,048	2	6 370
12,364	6,182	3	6 370
14,277	7,139	4	6 370
15,962	7,981	5	6 370
17,486	8,743	6	6 370

Per esempio ponendo  $h_2 = 6$  m,  $h_1 = 3$  m e quindi  $h_2/h_1 = 2$  si avrebbe  $a = 2,561$  km

Quindi con  $h_2 = 6$  m e  $h_1 = 3$  m servirebbe una corda lunga circa 2,5 - 3 km per effettuare l'esperimento.

Invece con  $h_2 = 4$  m e  $h_1 = 2$  m si avrebbe  $a = 2,097$  km, servirebbe quindi una corda più corta.

Per i valori dell'esempio in cui  $h_2/h_1 = 2$  l'equazione di 2° grado risultante è:

$$d_1^2 - 2ad_1 - a^2 = 0$$

risolvendola si ottengono ovviamente i valori di tabella<sup>6</sup>:

$$d_1 = a + \sqrt{2} a = 2,561 + \sqrt{2} \cdot 2,561 = 6,182 \text{ km}$$

$$d_2 = d_1 + a = 8,743 \text{ km}$$

Determinati  $d_1$  e  $d_2$ , dalle equazioni ottenute in precedenza il raggio terrestre R risulta pari a:

$$R = d_1^2 / 2h_1 = 6\,182^2 / 2 \cdot 3 = 6\,370 \text{ km}$$

<sup>6</sup>Qualora Tairamostene non avesse avuto la possibilità di risolvere l'equazione di 2° grado poteva effettuare un calcolo iterativo per tentativi successivi ponendo valori di  $d_1$  e verificando i valori di  $d_2$  conseguenti per soddisfare le equazioni.

## NUOVI ESPERIMENTI

A questo punto Tairamostene si infervora; organizza gli esperimenti e li fa ripetere in vari luoghi: il risultato è il medesimo. Si sposta lungo le sponde del mare: il risultato è il medesimo! Ripete gli esperimenti con un'altezza diversa dell'albero della nave, dei pali e del telo di riferimento sulla spiaggia. Risultato: lo stesso! Ripete gli esperimenti con due navi che si allontanano reciprocamente ed osservando le vele (così si annullano gli effetti dell'eventuale marea): idem.

Prova e riprova il risultato è sempre lo stesso: il raggio terrestre (per i nostri scopi non ci interessa un'alta precisione nel calcolo del suo valore) risulta essere di circa 6 370 km! Quindi la terra è una sfera di circa 6 000 km di raggio!

## LA DIVULGAZIONE DELLA SCOPERTA

A questo punto Tairamostene è pronto per divulgare la sua teoria alla comunità in cui vive ed opera.

Contatta i suoi colleghi, illustra le sue argomentazioni con le conclusioni a cui è pervenuto. Lasciamo immaginare al lettore come sarà finito Tairamostene, la sua teoria e i suoi esperimenti. Una cosa è certa: ad oggi non risulta arrivata a noi alcuna documentazione di tutto ciò. È molto probabile quindi che la sua scoperta non sia stata accolta con l'attenzione che meritava.

C'è realmente stata? Forse no, ma non è possibile escludere tale eventualità. Possiamo quindi presumere che ci possa essere stata.

In tal caso quando sarebbe potuto accadere e dove?

## QUANDO?

Il nostro ragionare ci porta quindi al quesito che ci eravamo posti. Quando l'uomo ha avuto la possibilità per arrivare alla soluzione del problema?

Per poter stimare il periodo storico in cui il nostro Tairamostene potesse essere vissuto dobbiamo fare riferimento a ciò di cui aveva bisogno per lo sviluppo della sua teoria e per la realizzazione dell'esperimento.

Oltre alle cognizioni già citate per gli aspetti teorici e matematici, aveva bisogno di una o più navi e di una corda lunga alcuni km dotata di galleggianti che potesse essere svolta dalla/dalle nave/navi, oltre ad uno o più specchi in bronzo per riflettere la luce solare e poter così osservare agevolmente il punto di riferimento sulla riva del mare o sulle navi.

Analizziamo singolarmente i vari punti:

-effettuare calcoli matematici; nozioni delle equazioni algebriche di primo e secondo grado con relativa soluzione

Nell'area mesopotamica, l'interpretazione dei numeri era strettamente aritmetica, basata cioè sul numero intero, e su procedimenti algoritmici. Inoltre era utilizzato il sistema sessagesimale (a base 60), eredità che ci è giunta nella misurazione degli angoli e del tempo. Nel periodo elamitico, risalente al 4000 a.C. sono stati sviluppati sia un sistema decimale per i calcoli sugli animali, sia uno sessagesimale per uomini e cose, per i

calcoli di quantità di cereali distribuiti o ritirati dai magazzini e così via. I più antichi testi matematici dell'area mesopotamica pervenuti sino ai nostri giorni risalgono al 3500 a.C. circa. Agli inizi del terzo millennio a.C., nel periodo della terza dinastia di Ur, risalgono molti testi di natura economica o amministrativa. Già nelle scuole paleobabilonesi (1900-1500 a.C.) molti testi rinvenuti, si occupavano di matematica e di elenche o di tabelle di misure. Utilizzavano il *cubito* (circa mezzo metro) come unità di base per le misure verticali, mentre il *nindan* (pari a 12 cubiti) era l'unità usata per quelle orizzontali. Intorno alla fine del XIX secolo d.C. spedizioni USA scoprirono testi metrologi, problemi di geometria tridimensionale risolti con equazioni cubiche e con estrazioni di radici. In una tavoletta conservata a Yale, si illustra il metodo per trovare le radici di un'equazione di secondo grado nella forma

$$x^2 + bx = c.$$

Tecniche matematiche furono altresì sviluppate presso la civiltà dell'Antico Egitto. Le prime testimonianze dell'utilizzo della matematica presso gli egizi risalgono al periodo dell'Antico Regno (IV millennio a.C.), con un'iscrizione che registra le conquiste di una guerra, utilizzando il sistema di numerazione che sarà poi in uso per tutta la storia egizia. Inoltre già nella prima dinastia erano diffuse le pratiche della misurazione del livello di acqua del Nilo e del "tendere la corda" per la costruzione dei templi, a conferma dell'uso di nozioni geometriche. La matematica egizia classica (basata su un sistema decimale) emerse soltanto nel Medio Regno (II-III millennio a.C.), con la creazione di vere e proprie scuole di scribi, e la nascita del sistema di frazioni caratteristico della matematica egizia. I problemi affrontati avevano sia carattere numerico e astratto, sia un aspetto pratico, legato al lavoro svolto dagli scribi. Alla matematica veniva comunque riconosciuto il valore di speculazione astratta e di strumento per la conoscenza della natura, come recita l'intestazione del papiro matematico Rhind: «Metodo corretto di entrare nella natura, conoscere tutto ciò che esiste, ogni mistero, ogni segreto». <sup>7</sup>

#### - Un supporto su cui scrivere e disegnare con uno strumento idoneo allo scopo

Già nel punto precedente è stato trattato l'aspetto dello sviluppo delle conoscenze scientifiche negli antichi popoli mesopotamici ed egizi sulla base di reperti arrivati sino ai giorni nostri. Dobbiamo quindi supporre che in quei tempi erano disponibili supporti di scrittura e strumenti idonei agli scopi che ci interessano.

#### -Concetti di geometria: triangolo rettangolo e le relative proprietà, circonferenza e sfera, nozioni di linee rette e curve

Le proprietà del triangolo rettangolo dimostrate da Pitagora nel VI secolo a.C. erano note da tempo. Le tavolette di creta risalenti alla cultura sumera (2100 a.C.) e alla cultura babilonese (1600 a.C.) comprendono tavole per calcolare prodotti, inversi, quadrati, radici quadrate e altre funzioni matematiche utili in calcoli finanziari. Sappiamo, ad esempio, che i babilonesi erano in grado di calcolare le aree dei rettangoli, dei triangoli rettangoli, dei triangoli isosceli e dei trapezi. L'area di un cerchio veniva calcolata (in

<sup>7</sup> Alice CARTOCCI, *La matematica degli Egizi*. Firenze University Press. Firenze. 2007. Il papiro Rhind, di 0,3x3 m, conservato al British Museum, venne trascritto nel 1650 a.C. dallo scriba Ahmes da un papiro datato 2000 -1800 a.C. Il papiro, scritto in ieratico (l'antica lingua di scrittura egizia), contiene tabelle di funzioni e vari problemi aritmetici, algebrici e geometrici con le relative soluzioni.

modo approssimato) come il quadrato della circonferenza diviso per 12, il che equivale a considerare  $\pi = 3$ . Infatti, coerentemente, i babilonesi ritenevano che la circonferenza di un cerchio fosse tre volte il suo diametro. Furono sempre i babilonesi i primi a dividere la circonferenza di un cerchio in 360 parti uguali. Sembra inoltre che i babilonesi conoscessero anche le proprietà del triangolo rettangolo oggi note come teorema di Pitagora, almeno in alcuni casi particolari, e sapessero usare le proporzioni.<sup>8</sup>

Lo stesso discorso vale per gli egizi che presumibilmente avevano anche conoscenze geometriche più accurate. Ad esempio, dal papiro di Rhind, risulta che nel XIX a.C. gli egizi ritenessero  $\pi = 2 (16/9)$ , cioè  $\pi = 3,16$ . Gli egizi, inoltre, conoscevano e usavano le proprietà del triangolo rettangolo e, tra le altre cose, sapevano calcolare i volumi di piramidi e cilindri.

#### -Nave con albero per navigare fino a 15 km dalla costa

Nelle vicende della guerra di Troia si narra che i greci attraversarono l'Egeo con le loro navi. A quel tempo quindi vi erano già navi che potessero navigare per diverse miglia nel Mediterraneo (XIII secolo a.C.). Nello stesso periodo viene collocato l'espandersi dei fenici nel Mediterraneo che erano considerati abili navigatori. Ma anche gli egizi navigavano da tempo sul Nilo e sul Mar Mediterraneo: disegni di navi egizie che potessero allontanarsi dalla costa della distanza di nostro interesse risalgono al XXIX secolo a.C.

#### -Specchi in bronzo

Dobbiamo ritenere che in quel tempo probabilmente non erano disponibili strumenti di ausilio ottico quali cannocchiali e telescopi, quindi la realizzazione dell'esperimento richiedeva che vi fosse la disponibilità di operatori con buona vista, ma anche di uno o più specchi che potessero riflettere la luce solare e con piccoli movimenti "dare il punto" alla nave che si allontanava dalla costa. Già nel III millennio a.C. risulta che fossero disponibili specchi di tal fatta.

#### -Corda galleggiante di alcuni km

Era sicuramente una corda che non si trovava all'emporio. Però la civiltà neolitica aveva già scoperto e iniziato a praticare la pesca<sup>9</sup>. Quindi già da alcuni millenni a.C. l'uomo aveva la possibilità di costruire corde munite di galleggianti. Quanto poteva pesare una corda in fibra naturale così lunga da consentire la realizzazione degli esperimenti?

Ad esempio per una sezione di  $0,5 \text{ cm}^2$  si può considerare circa  $50 \text{ g/m}$  ottenendo quindi per una lunghezza di 3 km un peso totale di circa 150 kg e per una lunghezza di 15 km un peso di circa 750 kg, pesi da gestire con verricelli di legno. Era necessario realizzare una corda da 15 km? No, si potevano infatti utilizzare ripetutamente più corde di limitata lunghezza con l'ausilio di alcune boe o di più imbarcazioni.

<sup>8</sup> Francesco BOTTACIN, *Fondamenti di Geometria Cenni Storici*. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO. Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Anno Accademico 2005–2006.

<sup>9</sup> Ad esempio nel 1914 archeologi finlandesi hanno rinvenuto nell'area di Korpilahti (Carelia) una rete da pesca datata 8000 a.C.

Tutto ciò ci porta a pensare che l'uomo già agli inizi del II millennio a.C. (e probabilmente anche prima) avesse a disposizione gli strumenti per poter determinare la forma della terra e calcolare il suo raggio.

## DOVE?

Non possiamo escludere che il nostro Tairamostene, se realmente esistito, sia stato un vichingo o un cinese, però possiamo supporre che vi sia qualche probabilità che sia stato un sumero o forse un egizio. Già un egizio. Eratostene, quando elaborò i suoi calcoli del raggio terrestre, era il bibliotecario ad Alessandria, la più grande biblioteca dell'antichità. Era quindi un uomo di cultura ed avendo a disposizione tutto il patrimonio culturale della biblioteca possiamo presumere che conoscesse una buona quantità dei documenti ivi custoditi. Orbene Cleomede, l'astronomo e matematico greco che descrive nel suo "*Caelestia*" il calcolo operato da Eratostene, nulla dice circa il ragionamento che era a monte, cioè l'argomentazione della teoria sulla forma della terra riferita a fonti precedenti ad Eratostene o a lui stesso. Cleomede, infatti, tratta l'argomento in un altro capitolo della sua opera richiamando varie considerazioni che lo portano ad escludere qualsiasi altra forma della terra. Ma Cleomede cita anche Posidonio, quindi le sue argomentazioni sono da collocare in un periodo storico successivo di alcuni secoli. Possiamo quindi dedurre che Eratostene per fare il calcolo del raggio terrestre desse per scontato che la terra è rotonda. E come faceva a darlo per scontato? Perché evidentemente lo sapeva. E perché lo sapeva? Probabilmente perché nella biblioteca di Alessandria esisteva documentazione sull'argomento! Erano le considerazioni di Pitagora? O quelle di Aristotele? Oppure nella biblioteca esistevano altri documenti precedenti di origine egizia o sumera? Se così fosse, e quindi la relativa documentazione custodita nella biblioteca di Alessandria fosse nota ad Eratostene, sarebbe possibile ritenere che Tairamostene sia stato un antico egizio (o un sumero) e che l'esperimento e lo sviluppo della sua teoria sia avvenuto in Egitto (o in Mesopotamia).

## CONCLUSIONI

Alla luce di quanto evidenziato possiamo dedurre che la teoria della forma rotonda della terra poteva essere sviluppata dall'uomo agli inizi del II millennio a.C. e forse anche nel corso del III. Quindi in un periodo di molto antecedente a quanto universalmente noto e collocato nel VI secolo a.C. per quanto concerne l'aspetto filosofico ad opera dei pitagorici e nel III a.C. ad opera di Eratostene per il calcolo del relativo raggio terrestre.

Possiamo ritenere che ciò sia stato fatto? A nostro sommo avviso non abbiamo elementi per ritenere che ciò non sia stato fatto. Chissà tra qualche secolo verrà ritrovata una tavoletta di argilla, o un papiro, o un altro documento risalente al III millennio a.C. che riporta il disegno della terra rotonda e il procedimento matematico per calcolarne il raggio.