



Accademia Editoriale

L'astronomo Seleuco, Galileo e la teoria della gravitazione

Author(s): Lucio Russo

Source: *Quaderni Urbinati di Cultura Classica*, New Series, Vol. 49, No. 1 (1995), pp. 143-160

Published by: [Fabrizio Serra editore](#)

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/20547286>

Accessed: 16-08-2015 21:04 UTC

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.



Fabrizio Serra editore and *Accademia Editoriale* are collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Quaderni Urbinati di Cultura Classica*.

<http://www.jstor.org>

L'astronomo Seleuco, Galileo e la teoria della gravitazione

Lucio Russo

L'esame delle poche testimonianze rimasteci sull'astronomo Seleuco non solo suggerisce una ricostruzione della prova che, secondo Plutarco, egli aveva dato dei moti della Terra, ma si rivela utile anche per far luce su alcuni aspetti della storia della scienza moderna.

1. *La testimonianza di Plutarco*

Test. 1. Plut. *Plat. quaest.* VIII 1 = *Moralia* 1006C

Πότερον οὕτως ἐκίνει τὴν γῆν ὥσπερ ἥλιον καὶ σελήνην καὶ τοὺς πέντε πλάνητας, οὓς ὄργανα χρόνου διὰ τὰς τροπὰς προσηγόρευε, καὶ ἔδει τὴν γῆν ἰλλομένην περὶ τὸν διὰ πάντων πόλον τεταμένον μεμηχανῆσθαι μὴ συνεχομένην καὶ μένουσαν ἀλλὰ στρεφομένην καὶ ἀνειλουμένην νοεῖν, ὡς ὕστερον Ἀρίσταρχος καὶ Σέλευκος ἀπεδείκνυσαν, ὁ μὲν ὑποτιθέμενος μόνον ὁ δὲ Σέλευκος καὶ ἀποφαινόμενος;

Poneva egli [Timeo] la Terra in moto, come il Sole e la Luna ed i cinque pianeti, che egli chiama strumenti del tempo per il loro girare, e doveva pensare che la Terra, ruotante attorno all'asse esteso attraverso tutto, fosse stata progettata non confinata e stabile ma rivolgentesi e ruotante, come successivamente affermarono Aristarco e Seleuco, il primo assumendolo solo per ipotesi e Seleuco invece dimostrandolo [o mostrandolo] anche?

Il passo di Plutarco è interessante soprattutto per l'affermazione finale; anche se il verbo usato da Plutarco, ἀποφαινόμεναι, lascia adito a diverse possibili interpretazioni sul reale contributo di Seleuco, la contrapposizione con la "ipotesi" di Aristarco rende comunque chiaro che Seleuco aveva trovato un argomento nuovo a sostegno dei moti della Terra. La testimonianza di Plutarco è stata in genere accolta con scetti-

cismo: si è trattato a volte di uno scetticismo implicito e garbato, a volte esplicito, come nel caso di Neugebauer¹.

Volendo tentare di ricostruire la dimostrazione di Seleuco, dobbiamo innanzitutto chiederci di quali moti della Terra parli qui Plutarco (e quindi di quali moti Seleuco avrebbe fornito la dimostrazione). Nell'espressione *στρεφομένην και άνειλουμένην* ciascuno dei due verbi, preso isolatamente, potrebbe riferirsi sia al moto di rotazione che a quello di rivoluzione. Anche in italiano, d'altra parte, il verbo "rivolgersi" può essere usato, nel linguaggio comune, come sinonimo di "ruotare"; solo dopo l'affermarsi dell'eliocentrismo i due verbi, analogamente a quanto accaduto nelle altre lingue europee, hanno assunto il significato scientifico attuale. Le poche testimonianze rimasteci sull'eliocentrismo di Aristarco non permettono di appurare se sia avvenuto un analogo processo di precisazione terminologica anche nel lessico scientifico del greco antico.

Se Plutarco avesse voluto alludere alla sola rotazione, non si capirebbe però perché avrebbe scelto di usare due verbi e non uno solo. Osserviamo, inoltre, che i due termini *στρεφομένην και άνειλουμένην* vengono contrapposti a quelli *συνεχομένην και μένουσαν*. Se la Terra ruotasse solamente intorno al suo asse certamente, non essendo ferma, non potrebbe essere detta *μένουσαν* ma potrebbe tuttavia considerarsi *συνεχομένην*, giacché sarebbe contenuta sempre nella stessa porzione di spazio. Il precisare che Seleuco non considerava la Terra né *μένουσαν* né *συνεχομένην* sembra quindi alludere ad entrambi i moti: di rotazione e di rivoluzione.

Notiamo infine (e questo argomento appare decisivo) che Plutarco specifica che si tratta dei moti assunti prima da Aristarco e poi da Seleuco. Poiché i moti attribuiti alla Terra da Aristarco sono descritti inequivocabilmente altrove dallo stesso Plutarco², non sembra che vi

¹ Neugebauer scrive che "Thanks to the recently discovered fragments of a work of Seleucus, preserved in Arabic in a work of Rāzī (around A.D. 900), we now have a fair example of what constituted a "demonstration" for Seleucus. In his discussion ... there is not a trace of any mathematical argument. ... There is not the slightest reason to assume a different character for his support of Aristarchus' hypothesis" (O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Berlin-Heidelberg-New York 1975, p. 697). L'astronomo islamico Rāzī riporta degli argomenti in favore dell'infinità dell'universo che Neugebauer (*op. cit.* p. 611 n. 29) considera "probably belonging to Seleucus".

² Plut. *De fac. in orbe lun.* 6 (= *Moralia* 923A).

possano essere dubbi sul significato della frase. È stato tuttavia necessario discutere in qualche dettaglio la questione poiché, mentre sia Schiaparelli³ che Heath⁴ avevano interpretato il brano come riferentesi ai due moti (di rotazione e di rivoluzione) della Terra, Dreyer⁵ e Neugebauer⁶ hanno supposto (senza fornirne ragioni) che Plutarco alludesse qui al solo moto di rotazione diurno.

Osserviamo che, anche se il passo di Plutarco si riferisce ad entrambi i moti della Terra, l'enfasi sembra comunque sul moto di rivoluzione, giacché la "prova" di Seleuco viene contrapposta all'"ipotesi" di Aristarco e solo l'ipotesi del moto di rivoluzione era stata una novità introdotta da Aristarco, la rotazione diurna essendo stata già sostenuta, nel IV secolo a.C., da Eraclide Pontico.

Quella di Plutarco è purtroppo l'unica tra le poche testimonianze rimasteci sull'astronomo Seleuco nella quale si accenni ad una "prova" dei moti della Terra. Riportiamo nel prossimo paragrafo le altre testimonianze.

2. Le altre testimonianze su Seleuco

Test. 2. Strab. *Geogr.* I 1, 8-9

τοῖς τε πάθει τοῦ ὠκεανοῦ τοῖς περὶ τὰς ἀμπώτεις καὶ τὰς πλημμυρίδας ὁμολογεῖ τοῦτο μᾶλλον· πάντη γοῦν ὁ αὐτὸς τρόπος τῶν μεταβολῶν ὑπάρχει καὶ τῶν αὐξήσεων καὶ μειώσεων, ἢ οὐ πολὺ παραλλάττων, ὡς ἂν ἐφ' ἑνὸς πελάγους τῆς κινήσεως ἀποδιδομένης καὶ ἀπὸ μιᾶς αἰτίας. Ἰππαρχος δ' οὐ πιθανὸς ἐστὶν ἀντιλέγων τῇ δόξῃ ταύτῃ, ὡς οὐθ' ὁμοιοπαθοῦντος τοῦ ὠκεανοῦ παντελῶς, οὐτ', εἰ δοθεῖ τούτο, ἀκολουθοῦντος αὐτῷ τοῦ σύρρου εἶναι πᾶν τὸ

³ G. Schiaparelli, 'I precursori di Copernico nell'antichità', in *Scritti sulla storia dell'astronomia antica* I-III, Bologna 1925-1927, p. 36.

⁴ T. L. Heath, *Aristarchus of Samos. The Ancient Copernicus. A History of Greek Astronomy to Aristarchus*, Oxford 1913, p. 305.

⁵ J. L. E. Dreyer, *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*, Cambridge 1906, cap. 6. Dreyer, forse per evitare di suscitare dubbi nel lettore, traduce i due verbi στροφομένην καὶ ἀνειλουμένην con un verbo solo.

⁶ O. Neugebauer scrive che "In modern times Seleucus has become famous as supporting Aristarchus in the assumption of an axial rotation of the earth, relating it to his theory of the tides" (*op. cit.* p. 611). Oltre che al passo di Plutarco, Neugebauer si riferisce evidentemente anche alla testimonianza di Aezio che riporteremo più avanti.

κύκλω πέλαγος τὸ Ἀτλαντικόν, πρὸς τὸ μὴ ὁμοιοπαθεῖν μάρτυρι χρώμενος Σελεύκῳ τῷ Βαβυλωνίῳ.

Ciò [l'ipotesi di un unico oceano esteso dalle Colonne d'Ercole all'Asia] si accorda anche meglio con le mutazioni dell'oceano riguardanti i flussi ed i riflussi delle maree; ovunque infatti si ha lo stesso tipo di trasformazioni, sia per le alte che per le basse maree, come se fosse prodotto dal movimento dello stesso mare e per la stessa causa. Ipparco non è convincente quando afferma contro questa opinione che né l'oceano subisce del tutto le stesse trasformazioni né, ciò concesso, ne seguirebbe che l'Atlantico sia tutto continuo in cerchio, chiamando a testimone dell'andamento non uniforme [dell'oceano] Seleuco della Babilonia.

Test. 3. Strab. *Geogr.* III 5, 9

Φησὶ δ'οὖν Σέλευκον τὸν ἀπὸ τῆς Ἐρυθρᾶς θαλάττης καὶ ἀνωμαλίαν τινὰ ἐν τούτοις καὶ ὁμαλότητα λέγειν κατὰ τὰς τῶν ζῳδίων διαφορὰς· ἐν μὲν γὰρ τοῖς ἰσημερινοῖς ζῳδίοις τῆς σελήνης οὐσης ὁμαλίζειν τὰ πάθη, ἐν δὲ τοῖς τροπικοῖς ἀνωμαλίαν εἶναι, καὶ πλήθει καὶ τάχει, τῶν δ'ἄλλων ἐκάστω κατὰ τοὺς συνεγγισμοὺς εἶναι τὴν ἀναλογίαν. αὐτὸς δὲ κατὰ τὰς θερινὰς τροπὰς περὶ τὴν πανσέληνόν φησιν ἐν τῷ Ἡρακλείῳ γενόμενος τῷ ἐν Γαδείροις πλείους ἡμέρας μὴ δύνασθαι συνεῖναι τὰς ἐνιαυσίους διαφορὰς.

[Posidonio] riferisce dunque che Seleuco, quello del Mare Eritreo, parla di una diseguaglianza o eguaglianza in questi [fenomeni] secondo le variazioni dei segni dello zodiaco; dice infatti che quando la luna si trova nei segni equinoziali le mutazioni [cioè le due maree giornaliere] sono eguali, in quelli solstiziali vi è una diseguaglianza, sia in quantità che in velocità, mentre in ciascuno degli altri segni [l'andamento] è in proporzione alla vicinanza [tra la luna ed i segni suddetti]. [Posidonio] dice però che egli stesso, avendo trascorso diversi giorni nell'Eracleo a Cadice al solstizio d'estate in prossimità del plenilunio, non era riuscito ad osservare le differenze annuali.

Test. 4. Strab. *Geogr.* XVI 1,6

Ἀφώριστο δ'ἐν τῇ Βαβυλωνίᾳ κατοικία τοῖς ἐπιχωρίοις φιλοσόφοις, τοῖς Χαλδαίοις προσαγορευομένοις, οἱ περὶ ἀστρονομίαν εἰσὶ τὸ πλέον· προσποιῶνται δὲ τινες καὶ γενεθλιαλογεῖν, οὓς οὐ καταδέχονται οἱ ἕτεροι. ... μέμνηται δὲ καὶ τῶν ἀνδρῶν ἐνίων οἱ μαθηματικοί, καθάπερ Κιδήνα τε καὶ Ναβουριανοῦ καὶ Σουδίνου. καὶ Σέλευκος δ'ὁ ἀπὸ τῆς Σελευκείας Χαλδαῖός ἐστι καὶ ἄλλοι πλείους ἀξιόλογοι ἄνδρες.

Nella Babilonia vi è una residenza riservata ai sapienti del luogo, i cosiddetti Caldei, i quali si occupano in maggioranza di astronomia; ma alcuni, non accettati dagli altri, pretendono anche di trarre oroscopi. ... I matematici ricordano alcuni di tali uomini, come Cidena e Naburiano e Sudino. Anche Seleuco da Seleucia è caldeo e molti altri uomini degni di essere ricordati.

Test. 5. Aet. 328a, 4 Diels

Σέλευκος ἄπειρον τὸν κόσμον.

Seleuco [ritiene] il cosmo infinito.

Test. 6a. Aet. (*De plac. phil.*) 383a, 17-25 Diels

Σέλευκος ὁ μαθηματικός, κινῶν καὶ οὗτος τὴν γῆν, ἀντικόπτειν αὐτῆς τῇ δίνῃ φησὶ καὶ τῇ κινήσει τὴν περιστροφὴν τῆς σελήνης· τοῦ δὲ μεταξὺ ἀμφοτέρων τῶν σωμάτων ἀντιπερισπωμένου πνεύματος καὶ ἐμπίπτοντος εἰς τὸ Ἀτλαντικὸν πέλαγος κατὰ λόγον αὐτῶ συγκυκᾶσθαι τὴν θάλασσαν.

Seleuco il matematico, facendo muovere anch'egli la Terra, dice che la rivoluzione della Luna oppone resistenza alla rotazione ed al moto della Terra. Il "pneuma" compreso tra l'uno e l'altro corpo essendo tirato in entrambi i versi e cadendo sul mare Atlantico, il mare ne viene di conseguenza agitato.

Test. 6b. Aet. (Stobeo) 383b, 26-34 Diels

Σέλευκος ὁ μαθηματικός, ἀντιγεγραφὸς Κράτητι, κινῶν καὶ οὗτος τὴν γῆν, ἀντικόπτειν αὐτῆς τῷ δίνῳ φησὶ τὴν περιστροφὴν τῆς σελήνης. τοῦ δὲ μεταξὺ ἀμφοτέρων τῶν σωμάτων ἀντιπερισπωμένου πνεύματος καὶ ἐμπίπτοντος εἰς τὸ Ἀτλαντικὸν πέλαγος κατὰ λόγον οὕτω συγκυμαίνεσθαι τὴν θάλασσαν.

Seleuco il matematico, polemizzando contro Cratete, facendo muovere anch'egli la Terra, dice che la rivoluzione della Luna oppone resistenza alla rotazione della Terra. Il "pneuma" compreso tra l'uno e l'altro corpo essendo tirato in entrambi i versi e cadendo sul mare Atlantico, il mare diviene così di conseguenza tempestoso.

Le testimonianze 2 e 4, anche se non danno informazioni dirette sui risultati ottenuti da Seleuco, sono tuttavia utili per individuarne la natura. Seleuco, essendo accostato agli uomini della Mesopotamia più

noti ai “matematici” ed essendo citato come fonte di Ipparco, ne risulta infatti caratterizzato, almeno a giudizio di Strabone, come un esponente della tradizione scientifica ellenistica, confermando l’indicazione data nello stesso senso da Plutarco, che lo aveva presentato come l’astronomo che aveva completato la rivoluzione eliocentrica di Aristarco.

La testimonianza 5 appare coerente con l’eliocentrismo attribuito a Seleuco da Plutarco. Già Aristarco, infatti, per rendere compatibile l’ipotesi eliocentrica con l’assenza di effetti di parallasse sulle stelle fisse, aveva assunto che la distanza delle stelle fosse immensamente maggiore della distanza Terra-Sole⁷; l’idea di un universo infinito appare un passo ulteriore nella stessa direzione.

La testimonianza più ricca di informazioni è certamente la 3. Seleuco, studiando in particolare le maree del “Mare Eritreo” (comprendente non solo l’attuale Mar Rosso, ma anche il Mare Arabico ed il Golfo Persico, ai quali con ogni probabilità Strabone si riferisce)⁸, non ne aveva studiato solo il ciclo giornaliero e quello mensile, ma aveva anche descritto le variazioni della differenza tra le due maree giornaliere, ponendole in relazione a dei fenomeni astronomici: tali differenze dipendevano dal segno zodiacale nel quale era la luna; in particolare le maree sizigiali⁹ presentavano una differenza massima in prossimità dei solstizi e minima in prossimità degli equinozi, dando così luogo al ciclo annuale accennato alla fine del passo.

3. *Il passo di Aezio*

Occupiamoci ora della testimonianza 6, che pone diversi problemi:

1. Si dice di Seleuco che “anche egli” considerava la Terra in moto e non si capisce a chi altro si alluda. Non risulta infatti che né Cratete né l’autore precedentemente citato (da Stobeo), Apollodoro di Corcira, si fossero occupati dei moti della Terra.

⁷ Cfr. Archim. *Aren.* p. 135 Mugler.

⁸ Altrimenti, infatti, Strabone potrebbe difficilmente indicare la provenienza di Seleuco equivalentemente nel “Mare Eritreo” (test. 3) e nella “Babilonia” (test. 2 e 4).

⁹ Cioè le maree (di ampiezza massima, nel ciclo mensile) che si hanno in corrispondenza dei pleniluni e dei noviluni.

2. Nel passo di Aezio non solo non vi è traccia del principale risultato sulle maree attribuito a Seleuco da Strabone (e cioè il ciclo annuale della diseguaglianza tra le due maree giornaliere) ma non vi è traccia di alcuna altra caratteristica quantitativa del fenomeno. Il tono vago e qualitativo delle affermazioni attribuite a Seleuco è in netto contrasto con il tono e la terminologia della testimonianza di Strabone.

3. Sappiamo da Strabone che Seleuco si era occupato delle maree del "Mare Eritreo". Naturalmente Seleuco avrebbe potuto studiare anche le maree dell'Atlantico ed anzi la testimonianza 2 sembra indicare che effettivamente l'avesse fatto. Il riferimento di Aezio all'Oceano Atlantico è ciononostante strano per due motivi. Innanzitutto sappiamo dalla test. 3 che Posidonio, circa un secolo dopo Seleuco, aveva osservato (in particolare a Cadice) le maree dell'Atlantico, cercando inutilmente di verificare in quel caso l'andamento descritto da Seleuco per il "Mare Eritreo". Questa testimonianza sembra indicare che Seleuco (del quale Posidonio conosceva evidentemente le opere sulle maree) non si fosse occupato delle maree dell'Oceano Atlantico e che la test. 2 vada interpretata nel senso che Ipparco, nel sostenere l'andamento non uniforme delle maree nei vari mari, si fosse basato sulla testimonianza di Seleuco per quanto riguardava i mari da lui esaminati (cioè il "Mare Eritreo"). In ogni caso il passo, essendo inserito in un elenco di opinioni sulle cause delle maree in generale ed accennando solo all'Atlantico, sembra riferirsi ad un autore che aveva studiato esclusivamente o principalmente le maree di quell'oceano e questo non è certamente il caso di Seleuco.

4. Vi sono varie analogie tra la test. 6 e le testimonianze su Posidonio sull'argomento delle maree. In particolare lo stesso Aezio (383b, 4) attribuisce a Posidonio l'opinione, simile a quella attribuita a Seleuco, che la luna provochi le maree attraverso l'azione di venti. Si potrebbe pensare che Posidonio avesse tratto queste idee da Seleuco (del quale conosceva, almeno in parte, gli studi sull'argomento) ma la natura qualitativa della testimonianza 6 e l'importanza del concetto di tensione del pneuma nella filosofia naturale stoica di Posidonio, congiunti al riferimento all'Atlantico, fanno sospettare piuttosto che il passo riporti idee influenzate da Posidonio.

5. Poiché i passi di Strabone non lasciano dubbi sull'importanza del contributo di Seleuco allo studio delle maree, desta qualche perplessità la circostanza, che sembra evincersi dalla versione di Stobeo del passo, che Seleuco si fosse interessato alle maree in occasione di una polemica contro il grammatico Cratete di Mallo. Non è certo strano

che uno scienziato ellenistico polemizzò con un letterato. La critica di Ipparco al poema di Arato è un esempio del genere. In questo caso si tratta però di un lavoro secondario, che certamente non era stato all'origine dell'interesse di Ipparco per l'astronomia e difficilmente avrebbe potuto essere usato per sintetizzare il suo contributo a questa scienza.

I punti precedenti suscitano molti dubbi sull'attendibilità della testimonianza di Aezio. Si può sospettare o che le opinioni di Seleuco fossero state contaminate con altre di diversa provenienza oppure che si fosse scambiato Seleuco con qualcun altro.

Proponiamo una tra le congetture possibili. Supponiamo che l'opinione riferita fosse quella del grammatico Seleuco, vissuto all'epoca di Tiberio. Poiché il principale interesse di questo autore (chiamato anche, per questo motivo, Seleuco Omerico) era stata l'esegesi omerica, sarebbe allora facilmente comprensibile la circostanza che egli si fosse imbattuto nell'argomento delle maree in occasione di uno scritto polemico contro Cratete di Mallo, il famoso grammatico pergameno che, due secoli prima, si era occupato delle maree appunto nell'ambito dell'esegesi omerica. Poiché, inoltre, un erudito come Seleuco, interessato marginalmente alle maree, difficilmente avrebbe mancato di usare quella che alla sua epoca era la principale fonte sull'argomento, cioè Posidonio, si spiegherebbero facilmente anche le analogie che abbiamo già notato e diverrebbe molto più naturale il tono letterario della citazione. Osserviamo che quella di Seleuco è inserita in un elenco di opinioni sulle maree altrettanto vaghe e qualitative: subito prima erano stati citati Cratete di Mallo ed Apollodoro di Corcira, mentre Aezio, almeno nei passi trasmessici, non cita, ad esempio, il contributo di Eratostene. Notiamo anche che tra i compilatori di epoca imperiale le opere del grammatico Seleuco (autore, tra l'altro, di un utile glossario) erano certo ben più diffuse di quelle dell'omonimo scienziato¹⁰.

La difficoltà da superare è, naturalmente, nel fatto che Aezio parla di "Seleuco il matematico". Sia Aezio che un'altra fonte intermedia avrebbe potuto inserire però questa specificazione credendo di avere individuato il Seleuco di cui si parlava dalla natura dell'argomento trattato: le maree, delle quali era ben noto si fosse occupato il matematico Seleuco. Vi è anche la possibilità che un "Seleuco il grammatico" sia divenuto "Seleuco il matematico" o che nel testo originale si accennas-

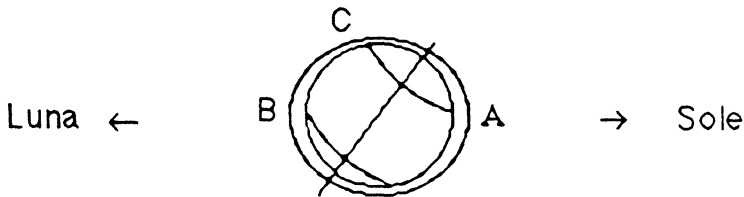
¹⁰ Ateneo, che non cita mai l'astronomo Seleuco, cita Seleuco il grammatico 26 volte ed una di queste volte per riportare una citazione, fatta da Seleuco, di Cratete di Mallo (9, 367a).

se ad entrambi gli autori; in quest'ultimo caso quando si dice che Seleuco considerava "anche egli" la Terra in moto l'allusione potrebbe essere all'altro Seleuco. Quelle proposte sono naturalmente solo delle possibilità, ma il riferimento ad un altro assertore dei moti della Terra, che manca nel testo pervenuto, mostra che una ricostruzione congetturale è comunque necessaria.

Le considerazioni svolte finora non annullano l'interesse scientifico del passo di Aezio. Nonostante il tono qualitativo della citazione, il riferimento alla rotazione terrestre lascia infatti intravedere l'eco di una teoria scientifica ellenistica. Poiché si tratta però probabilmente di un'eco molto indiretta, forse mediata anche attraverso Posidonio, ci baseremo d'ora in poi, nel nostro tentativo di ricostruzione, essenzialmente sulle altre testimonianze, tornando sul passo di Aezio solo alla fine del lavoro.

4. *La teoria di Seleuco sulle maree*

La spiegazione "teorica" dell'effetto di cui si era occupato Seleuco non è difficile. Supponiamo che in un punto A del Tropico del Cancro vi sia un plenilunio al solstizio d'estate; trascurando per semplicità i ritardi delle maree reali, a mezzogiorno dovrebbe esservi allora un'alta marea massima nel punto A e nel punto antipodale B (posto sul Tropico del Capricorno); dodici ore più tardi l'alta marea in A è inferiore, essendo eguale a quella presente dodici ore prima non in B ma nel punto C, opposto ad A sul Tropico del Cancro. Con un ragionamento analogo è facile convincersi che



le due maree giornaliere sono invece eguali, nello stesso punto A, se l'alta marea sizigiale si verifica durante un equinozio (e quindi la Luna ed il Sole, essendo ancora allineati con la Terra¹¹, si trovano allo zenit

¹¹ Se i tre corpi ad ogni plenilunio fossero perfettamente allineati dovrebbe esservi ogni volta un'eclissi di Luna. In realtà l'allineamento è in genere solo approssi-

non ai Tropici ma all'Equatore): in tal caso, infatti, il massimo assoluto dell'alta marea si ha sull'Equatore, in un punto altrettanto distante da A negli istanti delle due alte maree giornaliere. Negli altri giorni dell'anno si ha una situazione intermedia tra le due descritte. Naturalmente la spiegazione precedente è puramente "teorica", in quanto ci siamo basati sull'assunzione implicita che la Terra fosse una perfetta sfera solida ricoperta da uno strato omogeneo di acqua, mentre le maree reali hanno spesso un andamento determinato in modo essenziale da fattori quali la forma dei continenti, le variazioni di profondità del mare, le correnti, e così via.

Seleuco si era limitato a notare una correlazione tra l'andamento osservato delle maree e alcuni fenomeni astronomici o ne aveva dato una spiegazione teorica? Mi sembra che la seconda possibilità emerga come la più verosimile dalle considerazioni seguenti.

Innanzitutto proprio nel caso particolare del Mare Arabico le maree presentano effettivamente l'effetto prevedibile in base al semplice schema teorico accennato.

Per poter dedurre la spiegazione precedente basta, d'altra parte, attribuire le maree all'interazione con la Luna ed il Sole, ammettere che l'effetto di ciascuno dei due corpi celesti sia massimo dove appare allo zenit e, equivalentemente, nel punto antipodale e tener conto del ritardo con il quale si presentano le maree reali.

Che le ipotesi precedenti fossero state effettivamente accettate in epoca ellenistica è testimoniato, almeno in parte, da Plinio. Egli, subito prima di parlare esplicitamente dell'attrazione lunare, afferma che causa delle maree sono la Luna ed il Sole¹² ed accenna alla differenza tra le due maree giornaliere, che si annulla solo agli equinozi¹³, un accenno che sembra riferirsi implicitamente agli studi di Seleuco. È quindi particolarmente interessante l'osservazione riportata da Plinio che le maree reali si verificano con un certo ritardo¹⁴, poiché si tratta di un'osservazione incomprensibile in assenza di una spiegazione teorica.

Sappiamo da Strabone che Eratostene non solo aveva spiegato le

mativo, poiché il piano dell'orbita della Luna non coincide con quello dell'orbita della Terra. Poiché però l'angolo tra i due piani è di circa 5° ed è quindi notevolmente più piccolo dell'inclinazione dell'asse terrestre sull'eclittica (di circa 23°), l'effetto descritto da Seleuco può essere spiegato trascurando la non complanarità delle due orbite.

¹² Plin. *Nat. hist.* II 212.

¹³ Plin. *Nat. hist.* II 213.

¹⁴ Plin. *Nat. hist.* II 216.

maree sulla base dell'influenza della Luna, ma a questo proposito aveva criticato il I libro del *Trattato sui galleggianti* di Archimede (nel quale si dimostra, sulla base di semplici ipotesi sulla gravità, la forma sferica degli oceani in condizioni di riposo)¹⁵. Sembra quindi che gli studi sulle maree fossero stati inseriti nell'ambito della tradizione della scienza esatta ellenistica già all'epoca di Eratostene ed in particolare fossero stati posti in relazione con gli studi sulla gravità. Se, nonostante ciò (e le considerazioni precedenti), Seleuco avesse ricondotto lo studio delle maree in un ambito puramente empirico, non si capirebbe perché tutte le testimonianze dovrebbero considerarlo un "matematico" (o un astronomo).

Un'altra testimonianza che, anche se molto lontana cronologicamente, sembra fornire una importante conferma indiretta alla tesi proposta è quella, che sarà esaminata nel §6, dell'arcivescovo Marco Antonio de Dominis.

Poiché il contributo essenziale di Seleuco alla teoria delle maree, a quanto riferisce Strabone, sembra essere stato lo studio del ciclo annuale delle diseguaglianze diurne, Seleuco non avrebbe potuto darne una spiegazione teorica senza riconoscere l'influenza sulle maree del Sole¹⁶, senza cioè avere accettato o scoperto egli stesso (estendendo la teoria di Eratostene) l'interazione gravitazionale con il Sole.

5. La dimostrazione di Seleuco dell'eliocentrismo

Il moto della Luna intorno alla Terra era stato spiegato in epoca ellenistica sulla base dell'equilibrio tra gravità e quella che oggi chiamiamo forza centrifuga, come riferisce Plutarco nel *De facie...*¹⁷. L'estensione dello stesso argomento ai pianeti si scontra però con una

¹⁵ Strab. *Geogr.* I 3, 11.

¹⁶ Naturalmente il Sole è in realtà essenziale anche per il ciclo mensile. Non sembra però che sia ovvio dedurre dalla relazione tra maree e fasi lunari l'influenza del Sole. Nel resoconto di Strabone della teoria di Posidonio, ad esempio (*Geogr.* III 5, 8), la relazione tra maree e fasi lunari è chiaramente descritta ma a tale proposito il Sole non è esplicitamente citato. Probabilmente in questo caso l'omissione non è significativa, ma R. Descartes, pur affermando chiaramente la relazione tra fasi lunari e maree sembra attribuire tale relazione alla sola Luna (*Le Monde... ou Le traité de la Lumière*, cap. 12). Sembra invece veramente impossibile spiegare il ciclo annuale prescindendo dal Sole.

¹⁷ Per un esame del passo di Plutarco e la tesi che la fonte del passo fosse

grave difficoltà. Come mai, infatti, all'atto delle stazioni planetarie (istanti nei quali la forza centrifuga sembra annullarsi) i pianeti non iniziano a cadere sulla Terra?

È chiaro che il problema precedente può essere facilmente risolto da una teoria eliocentrica; l'argomento che possiamo chiamare "dell'equilibrio tra gravità e forza centrifuga" può infatti essere applicato al moto dei pianeti esattamente come al moto della Luna, purché tale moto venga riferito non alla Terra ma al Sole e si assuma un'interazione gravitazionale tra i pianeti ed il Sole. Si ottiene così effettivamente una "prova" dell'eliocentrismo, basata sull'osservazione che solo l'ipotesi che la Terra ed i pianeti ruotino intorno al Sole può conciliare l'apparenza delle stazioni planetarie con l'argomento dell'equilibrio tra forza centrifuga e gravità (verso il Sole).

Abbiamo già discusso altrove, insieme ad un passo in parte parallelo di Lucrezio, un passo di Seneca (*Nat. quaest.* VII 25, 6-7) che sembra riportare proprio l'argomento precedente, cioè il problema dinamico posto dalle stazioni planetarie e la sua soluzione eliocentrica¹⁸. Vari altri passi di autori latini che insistono sul carattere "apparente" delle stazioni planetarie possono essere interpretati come riferentesi alla stessa idea¹⁹.

Dobbiamo concludere che probabilmente una "prova" del moto di rivoluzione terrestre, basata sull'idea che possiamo chiamare dell'"eliocentrismo dinamico", era stata ottenuta in epoca ellenistica ed era divenuta abbastanza popolare per essere ripresa da vari autori latini.

Poiché non sappiamo di altri argomenti a sostegno dell'eliocentrismo e la "prova" appena descritta è basata in modo essenziale sull'idea dell'interazione gravitazionale con il Sole, la congettura che si tratti proprio della prova di Seleuco sorge naturalmente dal confronto tra la testimonianza di Plutarco esaminata nel §1 e le conclusioni del §4. Se si respinge questa congettura occorre pensare che i due interessi scientifici documentati di Seleuco fossero stati indipendenti tra loro e solo

un'opera perduta di Ipparco cfr. L. Russo, 'Un brano di Plutarco ("Moralia", 923C-924A) e la storia della dinamica', *Boll. dei classici* 1993.

¹⁸ L. Russo, 'Il contenuto scientifico di un brano di Lucrezio (IV, 387-396)', *Boll. dei classici* 1993. Cfr. anche L. Russo, 'The Astronomy of Hipparchus and his Time: a Study based on pre-Ptolemaic Sources', *Vistas in Astronomy* 38, 1994, pp. 207-248.

¹⁹ Cfr. L. Russo, 'Vitruvio ("De Architectura", IX, 1, 11-14): un brano di argomento astronomico', *Boll. dei classici* 1993.

per un puro caso si fosse trattato proprio di due argomenti che “a posteriori” sarebbero stati connessi all’idea della gravità verso il Sole. Quest’ultima idea, essendo documentata in Vitruvio ed in Plinio²⁰, sarebbe stata comunque avanzata da un astronomo sconosciuto grosso modo contemporaneo di Seleuco²¹, così come sconosciuto sarebbe rimasto l’astronomo (coincidente o meno con il primo) cui dobbiamo l’argomento riferito da Seneca.

Osserviamo infine che se si pensa (come suggerito dai passi di Plutarco e di Seneca) che l’attrazione lunare e la forza centrifuga agiscano contemporaneamente sulla Terra in versi opposti, non è difficile accettare che l’alta marea si abbia contemporaneamente in due luoghi antipodali. La spiegazione dinamica dell’eliocentrismo appare quindi connessa alla possibilità di render conto teoricamente dell’andamento delle maree.

6. *Le testimonianze su Seleuco e la storia della scienza moderna*

Osserviamo che l’interesse per la ricostruzione dei perduti argomenti di Seleuco a sostegno dei moti della Terra, che oggi non sembra molto diffuso, doveva certamente essere molto più vivo nei primi secoli dell’età moderna, quando l’esistenza “reale” di tali moti era tema di acceso dibattito scientifico. Come tutti sanno, la dimostrazione dei moti della Terra fu in particolare il principale obiettivo scientifico di Galileo.

Galileo non poteva certo ignorare il passo dei *Moralia* che abbiamo riportato come test. 1: si tratta infatti di uno dei pochi brani della letteratura greca sull’argomento dell’eliocentrismo e, d’altra parte, Plutarco è una fonte già usata e citata, tra gli altri, da Copernico. A Galileo doveva sembrare quindi che, per risolvere il problema che gli stava a cuore, non si dovesse far altro che completare il lavoro di Copernico, che aveva recuperato l’idea di Aristarco, ricostruendo anche la prova di Seleuco. Nel tentativo di ricostruire tale prova, il punto di partenza non poteva non essere la ricerca di tutte le notizie disponibili in letteratura

²⁰ Vitr. *De arch.* IX 1, 11-14; Plin. *Nat. hist.* II 69.

²¹ L’idea di un’interazione tra il Sole e la Terra sembra infatti ignota ad Eratostene e ad Archimede (che riferisce l’idea eliocentrica in termini puramente cinematici). D’altra parte sembra molto improbabile che tale idea possa essere successiva ad Ipparco.

su Seleuco. Il primo frutto di una tale ricerca sarebbe stato certamente la test. 6a. Il *De placitis philosophorum* è infatti un'opera inclusa tradizionalmente nei *Moralia* ed era inclusa, in particolare, nell'edizione di Stephanus del 1572, cosicché Galileo poteva leggere le testimonianze 1 e 6a nella stessa opera, credendo di leggere Plutarco in entrambi i casi. Collegando i due passi, la congettura che la prova di Seleuco dei moti della Terra fosse basata su una connessione tra il fenomeno delle maree ed il moto di rotazione terrestre sorge spontanea²². Osserviamo che l'informazione di Strabone che sull'argomento delle maree il grande Ipparco si basasse sulle affermazioni di Seleuco (test. 2) poteva offrire un motivo in più per dare credito ai due passi.

Le considerazioni precedenti possono aiutare a capire la giornata conclusiva del *Dialogo dei Massimi Sistemi*, cioè la quarta, nella quale Galileo cerca di dimostrare, con molte argomentazioni la cui origine non è stata finora compresa e che sono sempre apparse quanto meno strane, che le maree sono un effetto della rotazione terrestre, credendo di avere così ottenuto la tanto ambita prova dei moti della Terra²³. Si tratta certamente del peggiore infortunio della carriera scientifica di Galileo. Se però si considera che la letteratura accessibile a Galileo sull'argomento delle maree conteneva come principali fonti i passi che abbiamo discusso, credo che si debba ammettere che l'errore di Galileo fosse quasi inevitabile. Sono convinto, infatti, che le argomentazioni degli scienziati (anche di quelli grandissimi, come Galileo) non nascano mai del tutto autonomamente da osservazioni o esperimenti, ma abbiano sempre come componente fondamentale la riflessione sulla letteratura disponibile.

Bisogna osservare che l'idea che le maree potessero essere spiegate con l'interazione gravitazionale, anche se rifiutata da Galileo, non era stata affatto dimenticata. Si trattava anzi di un'idea all'epoca molto diffusa, che era stata sostenuta, tra gli altri, sia da Keplero che dall'arcivescovo Marco Antonio de Dominis, autore dell'opera sulle maree *Euripus, seu de fluxu et refluxu maris sententia*. In quest'ultima opera le

²² Abbiamo visto che questa è stata ancora la conclusione di Neugebauer (cfr. sopra, n. 6).

²³ È questo il tema principale dell'opera, cui Galileo aveva dato inizialmente il titolo *Dialogo del flusso e reflusso del mare*. Il titolo fu poi cambiato in seguito ad un intervento censorio dello stesso papa (cfr. S. Drake, *Galileo at Work. His Scientific Biography*, Chicago 1978).

maree vengono attribuite all'interazione con la Luna ed il Sole²⁴ e si afferma chiaramente che il massimo dell'alta marea si ha contemporaneamente in due punti antipodali²⁵. Nell'*Euripus* si nota anche che, poiché se il Sole o la Luna è allo zenit su un punto del tropico del Cancro il punto antipodale è sul tropico del Capricorno, le due alte maree giornaliere dovrebbero essere tra loro diverse²⁶. Ciò che rende particolarmente interessante questa osservazione è la circostanza che de Dominis espone questo argomento per respingere la teoria appena accennata, giacché egli afferma che le due maree giornaliere sono in realtà in ogni caso eguali, senza sospettare che in alcuni mari (come in quello Arabico) la disegualianza sia effettivamente osservabile. Il passo dell'*Euripus* appare quindi complementare a quello di Strabone, in quanto contiene una spiegazione teorica, in Strabone del tutto assente, della fenomenologia citata da Strabone, ma sconosciuta al de Dominis. Abbiamo trovato un indizio in più a favore della tesi, già sostenuta nel §4, che anticamente fosse stata fornita una spiegazione teorica del ciclo delle disegualianze diurne tra le due maree giornaliere. Osserviamo, infatti, che un riformatore religioso ed esperto di problemi giuridici, quale era Marco Antonio de Dominis, ben difficilmente avrebbe avuto il tempo e la capacità tecnica di elaborare in modo originale la prima teoria moderna delle maree e, se lo avesse fatto, difficilmente avrebbe fornito argomenti teorici per spiegare fenomeni dei quali ignorava l'esistenza. Possiamo quindi pensare che de Dominis riferisca (non molto bene, per la verità) elementi di una antica teoria nata da osservazioni su mari a lui ignoti. Non sarebbe troppo sorprendente, d'altra parte, se si scoprisse che un alto prelato dalmata (de Dominis era stato prima vescovo di Segna e poi arcivescovo di Spalato), membro di una famiglia dalmata illustre almeno dal XIII secolo²⁷, fosse riuscito a superare Galileo più facilmente nella ricerca di manoscritti bizantini su antiche teorie che nell'elaborazione originale di una teoria matematica delle maree.

Galileo, nella quarta giornata del *Dialogo dei Massimi Sistemi*,

²⁴ "Itaque dicimus luminaria illa duo Solem & Lunam habere vim magnam, quasi magneticam..." (M. A. de Dominis, *Euripus, seu de fluxu...*, Roma 1624, p. 5).

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ M. A. de Dominis, *op. cit.* pp. 6-7.

²⁷ Cfr. N. Malcom, *De Dominis (1564-1624): Venetian, Anglican, Ecumenist and Relapsed Heretic*, London 1984.

accenna al de Dominis parlando di un “certo prelado” sulle cui assurdità sulle maree non valeva la pena di spendere più di qualche frase²⁸.

Quella sulle maree non è l'unica teoria scientifica elaborata (o, più probabilmente, trasmessa) dal nostro arcivescovo. Anche la moderna teoria della dispersione della luce, oltre probabilmente ad altre teorie ottiche, sembra avere avuto origine negli scritti del de Dominis²⁹.

De Dominis emigrò in Inghilterra, dove presumibilmente diffuse anche le sue conoscenze sulle maree e l'ottica. Newton, che nella sua *Opticks* afferma che il fenomeno dell'arcobaleno fu “fully discover'd and explain'd by the famous Antonius de Dominis Archbishop of Spalato in his book”³⁰, si interessò certamente anche alle idee del famoso de Dominis sulle maree. L'antica teoria delle maree era stata infatti una delle principali basi empiriche della moderna teoria della gravitazione³¹.

Successivamente la fama di de Dominis è andata scemando. È chiaro che non ci si potrebbe interessare ad intellettuali come de Dominis, che tanta parte hanno avuto nella nascita della scienza moderna, senza affrontare il problema delle loro fonti e ciò rischierebbe di mettere in crisi il rapporto usualmente accettato tra scienza antica e scienza moderna. È forse questo il motivo per cui gli storici della scienza sembrano avere trascurato completamente l'arcivescovo dalmata, nonostante si tratti di una importante (anche se non sempre compresa) fonte di Galileo, Descartes³² e Newton³³.

²⁸ Galileo naturalmente aveva perfettamente ragione nel non stimare troppo le capacità scientifiche del de Dominis, le cui argomentazioni sono spesso superficiali ed incoerenti. Il fatto che, ciononostante, nella polemica sulle maree il grande Galileo avesse torto ed il de Dominis ragione mi sembra un forte indizio della bontà di alcune delle fonti usate dal secondo.

²⁹ Più precisamente nel libro di M. A. de Dominis, *De radiis visus et lucis...*, stampato a Venezia nel 1611, ma scritto, a quanto afferma l'editore Bartolo, intorno al 1590.

³⁰ I. Newton, *Opticks*, New York 1979, p. 169.

³¹ Notiamo esplicitamente che l'interazione gravitazionale con la Luna ed il Sole è mostrata dalle maree, mentre la caduta delle mele, essendo perfettamente compatibile con le idee sulla gravità di Aristotele, non può certamente fornire alcun indizio al riguardo.

³² L'idea che anche Descartes avesse tratto profitto dalla lettura delle opere del de Dominis, ed in particolare del suo trattato di ottica già citato, nasce soprattutto dal fatto che la spiegazione del fenomeno dell'arcobaleno offerta da Descartes ne *Les Météores* è identica a quella contenuta nell'opera di de Dominis, come è osservato da Newton (*Opticks*, *loc. cit.*).

³³ Il pensiero religioso di de Dominis e la sua biografia hanno destato un interes-

Uno dei principali contributi alla teoria moderna delle maree è stato certamente quello, risalente alla fine del secolo scorso, di George H. Darwin (figlio dell'ancor più famoso Charles), al quale dobbiamo in particolare l'introduzione del concetto di "attrito di marea"³⁴. George Darwin, avendo letto il passo di Strabone che abbiamo indicato come test.3 (nella raccolta di frammenti di Posidonio curata dall'olandese Bake nel 1810), non mancò di notare la corrispondenza tra la descrizione di Seleuco trasmessa da Strabone ed il reale andamento delle maree del Mare Arabico. Egli introduce il suo commento al passo con le parole seguenti:

There is another very interesting passage in Strabo, the meaning of which was obviously unknown to the Dutch commentator Bake – and indeed must necessarily have been unintelligible to him at the time when he wrote, on account of the then prevailing ignorance of tidal phenomena in remoter parts of the world³⁵.

Secondo il massimo esperto moderno sull'argomento, "ovviamente" nel 1810 non si erano ancora recuperate tutte le conoscenze del II secolo a.C. sulle maree; questa considerazione appare oggi a molti sorprendente, perché sembra che le conoscenze storiche dell'epoca di Darwin si siano successivamente perdute, con il progressivo diradarsi delle persone dotate di cultura sia classica che scientifica (apparentemente anche tra gli storici della scienza)³⁶. Particolarmente interessante è l'osservazione di Darwin, di carattere generale, che un brano della letteratura classica di argomento scientifico non possa essere compreso

se maggiore. Cfr., oltre all'opera già citata di N. Malcom, A. Russo, *Marc'Antonio de Dominis Arcivescovo di Spalato e Apostata (1560-1624)*, Napoli 1964. Noel Malcom, nella prefazione alla sua monografia su de Dominis, scrive: "I have not, however, tried to write a comprehensive account of his life: I have left his scientific writings virtually undiscussed". Un esame dei contributi di de Dominis alla scienza moderna è oggetto di un lavoro in corso, in collaborazione con F. Bonelli.

³⁴ L'introduzione, cioè, dell'idea che le maree causino un attrito che, su tempi lunghissimi, rallenta la rotazione terrestre.

³⁵ G. H. Darwin, *The Tides*, London 1898, p. 76.

³⁶ Cfr., ad es., S. Sambursky, *The Physical World of the Greeks*, London 1956, dove le antiche teorie sulle maree vengono dedotte dai frammenti di Posidonio e vengono completamente ignorati sia il contributo di Eratostene che quello di Seleuco che aveva tanto interessato Darwin. Sambursky giustifica il livello, a suo giudizio primitivo, delle conoscenze greche sull'argomento con la considerazione che non sarebbe

se non successivamente al recupero del concetto scientifico esposto³⁷. Applicando questo criterio (che può in effetti essere facilmente verificato in molti casi) dobbiamo dedurre che eventuali antiche allusioni all'attrito di marea sarebbero divenute comprensibili solo dopo il lavoro di Darwin stesso, cioè nel XX secolo.

Abbiamo già notato che il riferimento alla rotazione terrestre lascia intravedere nella test. 6 (di Aezio) l'eco di una teoria scientifica ellenistica. Va notato che, nonostante le opinioni contrarie succedutesi da Galileo in poi, nel passo pervenutoci quella tra rotazione terrestre e maree non è affatto una relazione di causa ed effetto; vi si afferma, al contrario, che la luna esercita una resistenza contro la rotazione terrestre; Aezio non chiarisce come questa resistenza venga esercitata, ma dalle sue parole sembra che vi sia una relazione con le maree e forse anche con il moto turbolento da esse creato.

Università di Roma 'Tor Vergata'

stato possibile elaborare una teoria corretta delle maree senza conoscere la teoria della gravitazione di Newton.

³⁷ George Darwin aveva avuto occasione di verificare la sua osservazione anche in famiglia. Il padre Charles, infatti, essendo stato (come è universalmente noto) il primo studioso moderno ad introdurre il principio della selezione naturale in biologia, fu anche il primo (come è molto meno noto) a poter verificare che lo stesso principio era già "adombrato" in Aristotele (*Phys.* 198b 16-31). Cfr. Charles Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection*, London 1861³. La citazione del passo aristotelico e l'osservazione che il principio della selezione naturale vi è adombrato ("shadowed") sono all'inizio dell'opera.