

Antikythera, macchina Meccanismo del I secolo a.C. che prende il nome dall'omonima isola greca di Ἀντικύθηρα (Anticitera), fra il Peloponneso e Creta, dove nel 1900 furono rinvenuti da alcuni pescatori di spugne frammenti metallici a bordo di una nave romana ricca di reperti statuari.

Trasportati assieme a questi al Museo archeologico di Atene e lì a lungo abbandonati, furono individuati come componenti di un probabile meccanismo di calcolo astronomico da parte dell'archeologo del museo V. Stais, ma molti decenni dovettero trascorrere prima che si pervenisse alla comprensione della effettiva funzionalità della macchina originaria.

L'indagine scientifica condotta esprime uno dei più felici connubi fra l'archeologia, l'astronomia e le moderne tecniche di restauro e recupero dati.

■ *Individuazione, attribuzione, primi studi*

► *La ricostruzione di D. Price de Solla*

► *Struttura della macchina*

► *La ricostruzione di A. G. Bromley*

■ *Conclusioni*

■ *Individuazione, attribuzione, primi studi.* Di uno strumento astronomico simile fa cenno Cicerone riportando che quando fu espugnata Siracusa (212 a.C.), il console M. C. Marcello portò a Roma quale bottino di guerra uno strumento, che l'oratore romano accreditò opera di Archimede, in grado di mostrare il percorso degli astri sulla volta celeste: [3, *De re Publica*, I, 14, 21, 22] e [2, *Tuscolanae disputationes*, I, 63]. Cicerone riporta ancora le impressioni di G. S. Gallo che aveva osservato lo strumento restando ammirato dalla capacità di Archimede di generare con un solo moto orbite di pianeti tanto diverse fra loro. Di un simile planetario parlano ancora Ovidio: *suspensus in aere clausu stat globus*, [10, *Fasti*, VI, 263 - 283]; L. C. F. Lattanzio (240 - 320) [9, *Divinae institutiones*, II, 5 - 18]; e addirittura ancora, a testimonianza di quanto fosse ancora viva la creazione di Archimede, ne parlano Pappo (IV secolo) che informa che il siracusano aveva descritto in un'opera andata perduta (*Sulla costruzione delle sfere*) un planetario simile a quello rinvenuto, e C. Claudiano (V secolo) in un'epigramma dei *carmina minora* specificando che il planetario era composto di una sfera di vetro su cui era rappresentata la volta celeste [4, *In sphaeram Archimedis*, 1 - 13].

Questi resoconti, unitamente alla fama di Archimede, deposero, senza che fosse mai provata, a favore di un'ipotesi che faceva risalire allo scienziato siciliano l'ideazione della macchina ritrovata, che in questo senso potrebbe altrettanto agevolmente essere attribuita alla scuola di → Posidonio o Gemino.

Quando V. Stais annunciò la scoperta sostenendo che si trattava di un antico strumento astronomico, la notizia suscitò perplessità e scetticismo. Storici ed archeologi non stimavano la tecnologia greca dell'epoca idonea a concepire uno tale strumento, e la circostanza che fosse stato ritrovato su una nave romana del I secolo a.C., minava la paternità greca dell'opera. Si continuava a ritenere allora, più che in assenza di contraddittorio per scolastica indiscussa formazione, ignorando la produzione dei testi di meccanica pervenuti (→ greca astronomia) che il mondo greco non fosse in grado di concepire meccanismi tanto elaborati con molteplici ingranaggi e diversi rapporti di riduzione.

Nel meccanismo colpisce la *sobrietà*: si caratterizza per un'essenziale funzionalità, non presenta alcun elemento scenografico, e ciò depone a favore dell'interpretazione che doveva intendersi uno strumento destinato ad effettuare calcoli e rappresentare in forma visiva il risultato di questi.

Nonostante il rovinoso stato di conservazione, si riuscì a poco a poco – anche se parzialmente – ad interpretare le scritte ed ad

individuare la funzione. Le analisi accertarono che il meccanismo si basava su un sistema ad orologeria che riproduceva il moto dei pianeti allora conosciuti (Sole e Luna compresi) e delle principali costellazioni.

► *La ricostruzione di D. Price de Solla.* Il contributo risolutivo alla comprensione giunse con il lavoro del prof. D. Price de Solla dell'università di Yale [11, 12] che si avvale anche dei reperti recuperati da J. Cousteau nel corso di alcune immersioni, che confermarono trattarsi di una nave romana che molto probabilmente tornava da Pergamo con il bottino sottratto alla città che s'era ribellata a Roma nell'86 a.C. [5]. Il contributo di Cousteau fu basilare per la datazione del reperto, in quanto furono trovate monete romane databili fra l'86 ed il 67 a.C., mentre la nave risultò vecchissima, addirittura di due secoli prima, e questo fu senz'altro all'origine del naufragio.

Price si occupò innanzi tutto di restaurare il meccanismo ripulendolo dalle incrostazioni e cercando di arrestare il processo di corrosione. Quindi si dedicò alla decifrazione delle iscrizioni, e man mano che queste emergevano, la loro traduzione svelò che si trovava citato più volte il Sole, che comparivano scritte relative a Venere e all'eclittica; ed emersero ancora due brevi scritte che recavano «76 anni» e «19 anni» con naturale riferimento ai cicli → callippico e metonico. Sotto a questa un'altra riga riporta il numero «223» riferimento anche questo astronomico: 223 mesi lunari rappresentano il ciclo delle eclissi. Emersa una netta attinenza con l'astronomia, Price si dedicò a comprendere il principio di funzionamento del meccanismo. In collaborazione con il Museo greco, e tramite tecnologie a raggi X e gamma che permisero di penetrare le scritture e gli ingranaggi al di là del blocco calcareo, fu possibile decifrare ulteriori particolari.

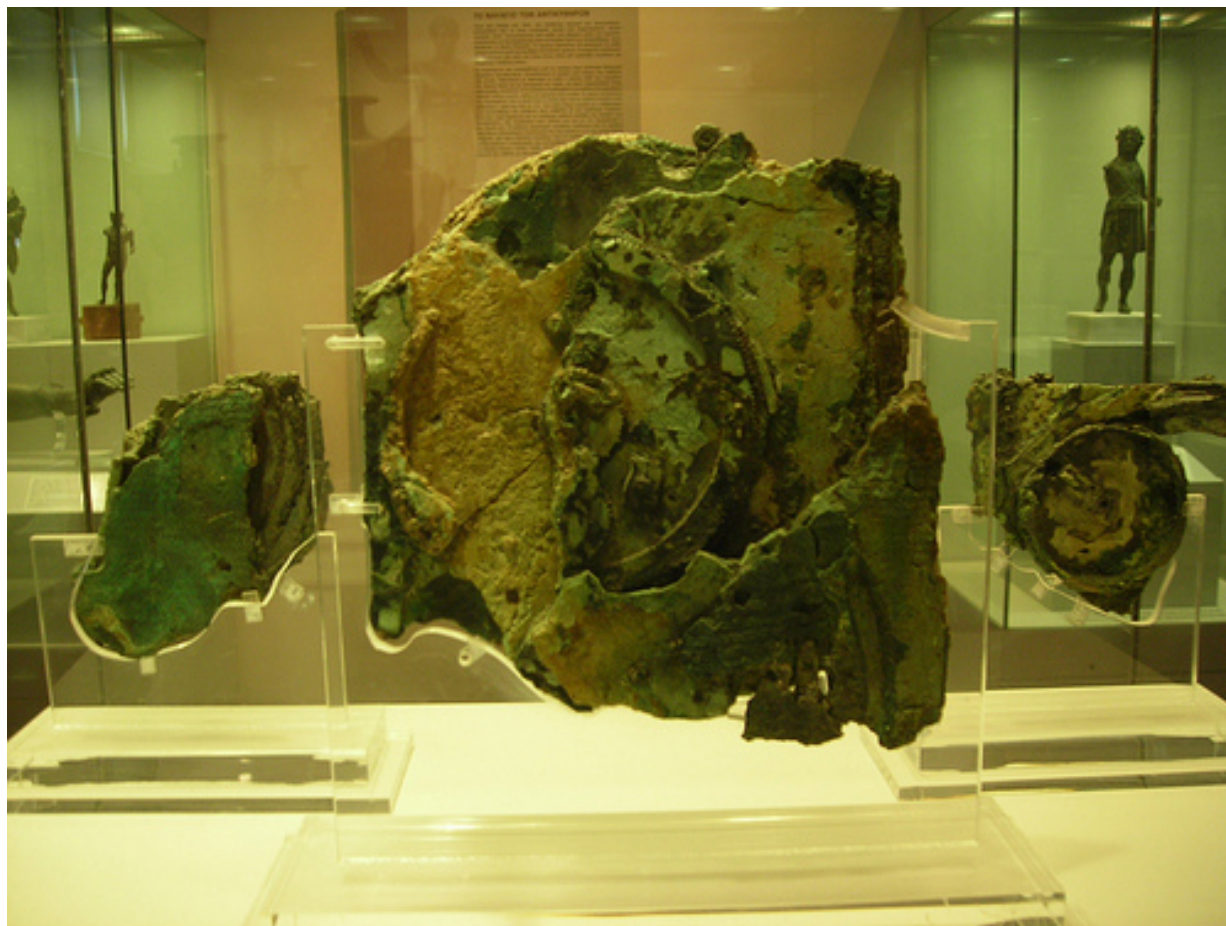
Le analisi confermarono la datazione che Price individuò nell'87 a.C. ritenendo di aver individuato una sorta di marchio di fabbrica che corrisponderebbe proprio a quell'anno [6, pag. 84], e che nel meccanismo un asse centrale azionasse un sistema di alberi ed ingranaggi che trasmetteva il moto finale a lancette disposte su tre quadranti: uno anteriore e due posteriori. A quel punto apparve certo trattarsi di un complesso planetario per calcolare e rappresentare fenomeni astronomici.

► *Struttura della macchina.* Secondo Price, l'intero strumento presentava le dimensioni di 30 × 15 × 7,5 (circa) cm (altezza, larghezza e profondità), si componeva di due lamine principali (frontale e posteriore) che tramite distanziali reggevano lamine intermedie che separavano i rotismi dei singoli movimenti: su di esse innestavano i perni degli ingranaggi in bronzo (circa 30) con i denti a profilo triangolare ed un sistema differenziale, il tutto azionato da una manovella posta lateralmente allo strumento. Gli ingranaggi azionavano gli indicatori (lancette) posti su quadranti contrapposti, che recavano indicazioni astronomiche sulla posizione dei corpi celesti, presumibilmente protetti da sportelli.

La lamina anteriore riporta (in senso orario) elementi che attonano al ciclo dello zodiaco e che iniziano con il simbolo della libra (bilancia). La lamina posteriore presenta due quadranti: uno superiore circondato da una serie di anelli, ed uno inferiore. Le dimensioni geometriche dei due quadranti presentano identico raggio: 44,3 mm. Questi quadranti, più complessi e di più difficile interpretazione, dovevano (forse) rappresentare i moti della Luna e degli altri pianeti.

Un quadrante riporta la durata del mese sinodico e dell'anno lunare, e l'altro si trova nella zona che è tutta da ricostruire, quindi non se ne sa nulla. Tuttavia, procedendo per induzione circa i moti che dovevano essere rappresentati, questa parte poteva recare informazioni sui pianeti e sul loro moto rispetto alla terra ovvero al ciclo delle eclissi (223 anni). Le lamine di

▼ I principali frammento della macchina di Antikythera; Museo Archeologico Nazionale di Atene



base sostenevano il complesso degli ingranaggi, a cominciare dalla ruota motrice che presenta un raggio di 63 mm e 228 denti. L'ingranaggio "A" trasmetteva il moto alla ruota indicata con "X" (vedi figura a pagina 5 e rappresentata a tratto) e a B1: quest'ultimo era collegato col quadrante frontale che mostrava il ciclo zodiacale e l'anno. Un'altra serie di ingranaggi (rapporto 254 : 19) presiedeva al ciclo lunare riproducendo le 254 rivoluzioni siderali che la Luna compie ogni 19 anni. È presente ancora una serie d'ingranaggi che introduce un rapporto 1 : 4: questo rapporto, a lungo incompreso, sembra esprimere un ciclo stagionale: vedi appresso.

La parte per la quale si è riusciti sinora a comprendere il meccanismo, è quella azionata dalla ruota di 192 denti. Resta da chiarire a cosa servisse l'altra da 225 denti. Forse costituiva il motore centrale di tutto il meccanismo azionata da una ruota da 45 denti: $225 : 45 = 5$, e quindi, se l'ipotesi fosse corretta, la manovella avrebbe dovuto compiere cinque giri per far effettuare un giro completo alla ruota centrale. Se uno dei quadranti mancanti doveva servire (è un'ipotesi) per rappresentare i giorni, è possibile fosse diviso in 73 parti, perché 73×5 corrispondono a 365 posizioni, cioè 365 giorni.

Meccanicamente, la cosa più interessante sta nel complesso differenziale di cui è dotato, perché si trasferiscono ai quadranti posteriori, con moto invertito, un movimento annuale ed uno (presumibilmente) mensile: il moto differenziale nell'era moderna fu introdotto nel 1828 da O. Pécquer (1792 - 1852).

Secondo il Price la funzione del differenziale doveva essere quella di tenere questi rapporti di rivoluzione e di comporre l'uno o l'altro sommandoli o sottraendoli: sottraendo le rivoluzioni del Sole da quelle della Luna si hanno i cicli dei mesi sinodici.

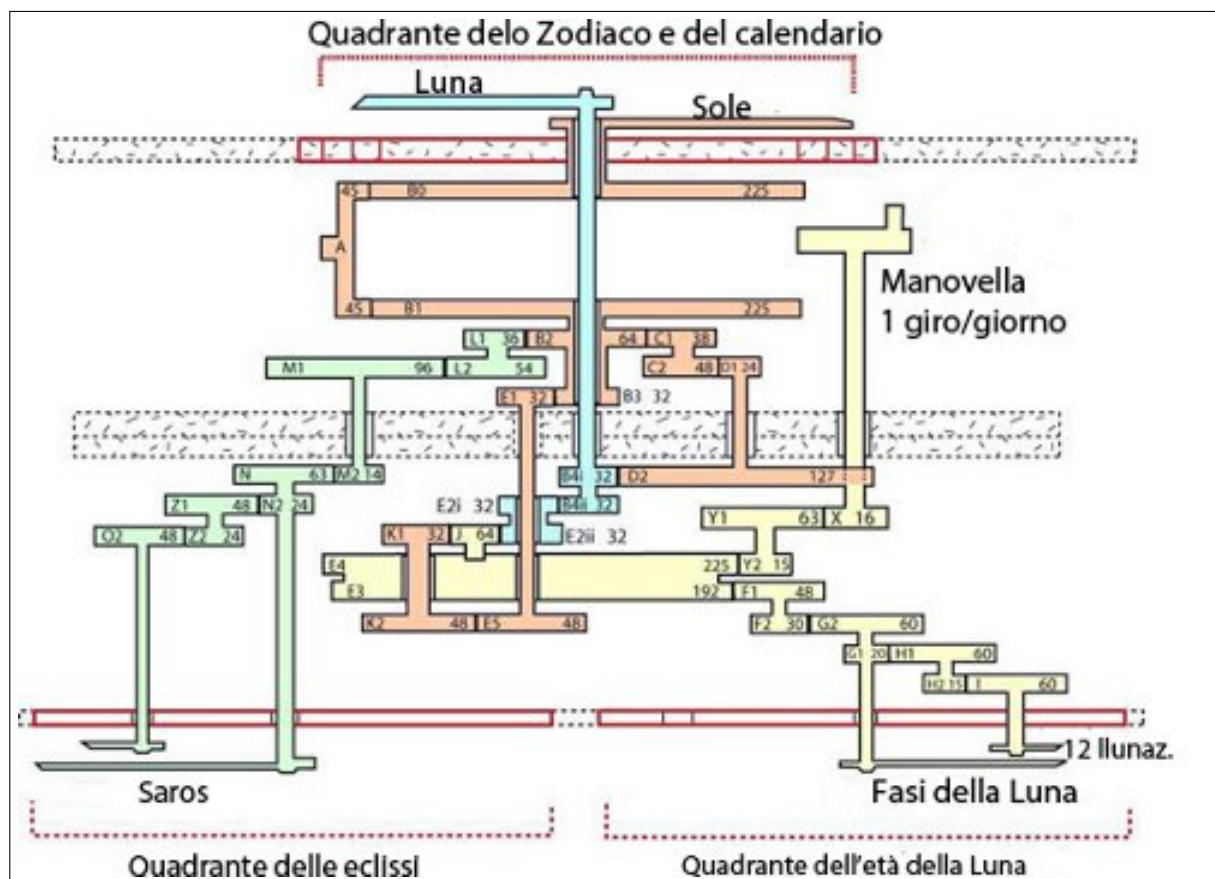
Nella sua funzione si può quindi dedurre che il quadrante anteriore mostrava il moto del Sole, il sorgere e tramontare delle stelle, le costellazioni più note; mentre il quadrante posteriore indicava il moto dei pianeti conosciuti e i fenomeni lunari: o per calcolare – come si è pure ritenuto – il ciclo *callippico* ed il ciclo di Saros.

Se il quadrante anteriore è stato dunque ormai risolto (esso indubbiamente mostra il moto del Sole e della Luna rispetto alle costellazioni dello zodiaco, il sorgere e il tramontare delle stelle e delle costellazioni più rilevanti), non altrettanto può dirsi per i due quadranti posteriori: se per uno di questi si può dedurre che indicava il mese sinodico e l'anno lunare, per l'altro sono possibili soltanto illazioni.

► *La ricostruzione di A. G. Bromley.* Gli studi dell'australiano A. G. Bromley dell'Università di Sidney negli anni 1986 e 1990 ampliarono l'originario lavoro di Price. Questi basandosi su un modello realizzato da un orologiaio di Sidney, Frank Percival, e realizzando nuove radiografie ipotizzò un nuovo schema di funzionamento. Sul finire degli anni novanta M. Wright del London Science Museum si affiancò ad A. Bromley mettendo a disposizione la propria manualità meccanica, ed iniziando una serie di studi che stanno continuando [16, 17].

Concordando con Price che lo strumento doveva assolvere alla funzione di planetario mostrando le posizioni del Sole e della Luna, dei pianeti inferiori (Mercurio e Venere) e di quelli superiori (Marte Giove e Saturno), Wright propose che mentre il Sole e la Luna potrebbero muoversi in accordo con il sistema cosmologico proposto da Ipparco, i moti (e le relative posizioni) degli altri cinque pianeti sembrano più aderenti agli epicicli di Apollonio, e per provare tale teoria ha proceduto alla costruzione

▼ Ricostruzione della macchina di Antikythera secondo Price



di un modello della macchina.

Qui non è il caso di confutare le opinioni di Wright, al quale va riconosciuto il merito di aver proposto nuove analisi con tecniche di tomografia assiale computerizzata che stanno evidenziando ulteriori particolari, ma sembra davvero inconsueto che il costruttore abbia concepito un sistema per alcuni corpi ed un altro per i restanti.

La macchina di Antikythera non cessa insomma di generare interesse. Attorno ad essa è sorta un'istituzione, l'*Antikythera Mechanism Research Project* [14] che sta producendo frutti significativi con nuove tecniche di ricerca: vedi immagine a pagina 5.

Un'ulteriore ricostruzione del meccanismo fedele a quanto proposto da Wright, è stata fatta in Italia da M. Mogi Vicentini [15] che sul proprio sito presenta in grafica computerizzata dall'esplosione l'assemblaggio di tutte le componenti.

Su *Nature* [8, 7] due articoli di T. Freet hanno recentemente posto in risalto come una parte dello strumento potrebbe non essere utilizzata per misurare il ciclo *callippico* di 76 anni riproducendo le 254 rivoluzioni siderali della Luna in 19 anni come si era supposto, od un qualsiasi altro ciclo stagionale, bensì piuttosto essere stata modulata su un ciclo di quattro anni facilmente associabile alla ricorrenza delle Olimpiadi, quasi a collegare, concludono gli articolisti, eventi celesti e vicende umane. Francamente l'ipotesi sembra improbabile, perché anche se le Olimpiadi hanno rappresentato un sistema epocale di datazione sino 394 quando furono chiusi i giochi olimpici da Teodosio, questa cadenza cronologica fu appannaggio esclusivo degli storici e non mi risulta sia mai stata presa in considerazione in astronomia come datazione assoluta.

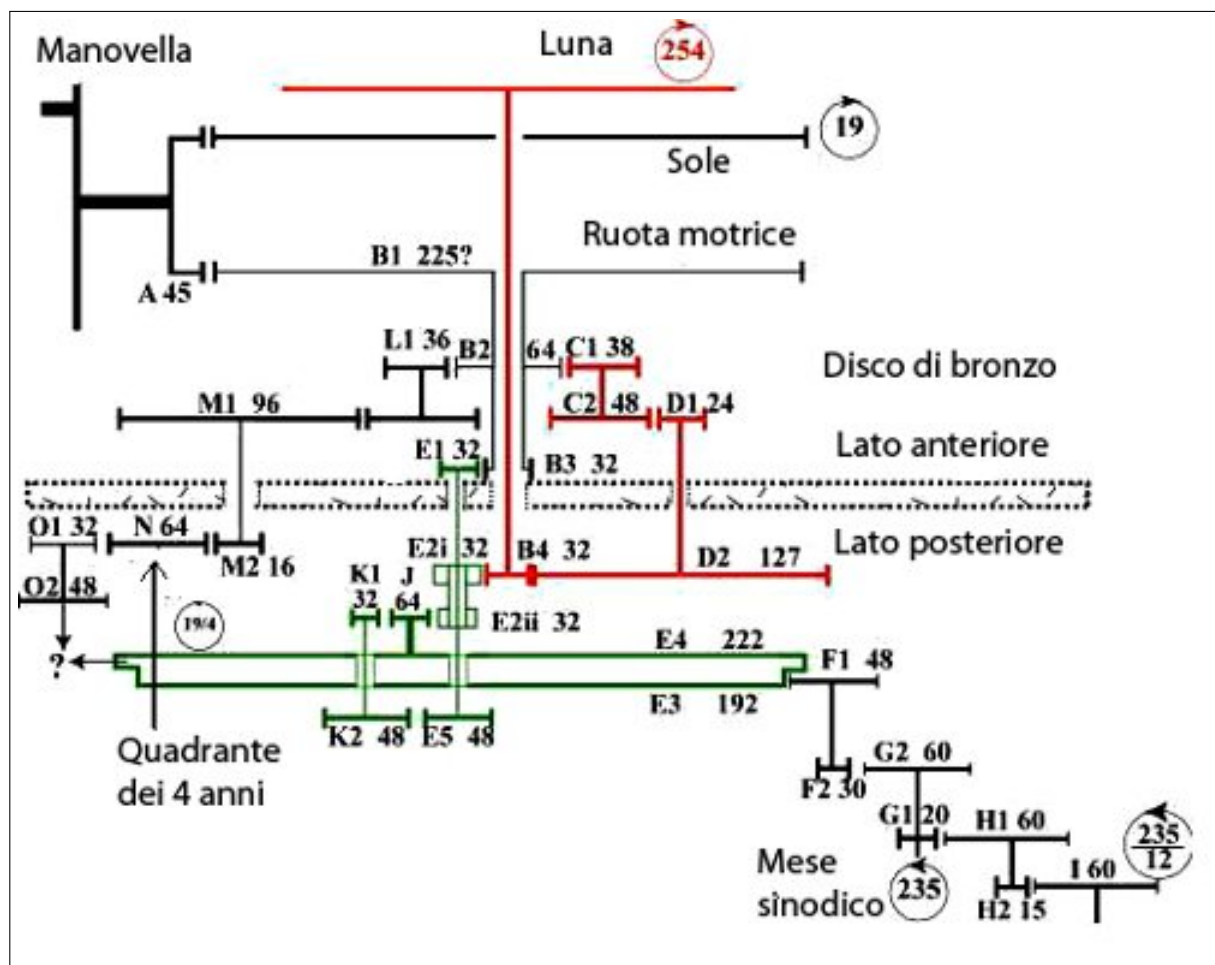
■ **Conclusioni.** La ricerca e lo studio intorno a questo mac-

china non sono sicuramente terminati, come testimoniano gli articoli su *Nature*, la presenza nel web di un sito dedicato [14], di una sezione apposita su YouTube di *Nature Video Channel*, e di tantissimi altri siti; molte incongruenze debbono ancora essere risolte, come i segni dello Zodiaco che non corrispondono all'anello dei mesi contemplati nel calendario, ed il fatto che i segni inizino con la libra.

Il ritrovamento, al di là dell'importanza intrinseca, gettando nuova luce sulle conoscenze meccaniche dell'antica Grecia, ha rivoluzionato la concezione su quel mondo, promosso la civiltà tecnologica greca ad un grado che non si credeva reale, promosso in maniera determinante nuovi studi. È impossibile immaginare la destinazione finale dello strumento, se cioè doveva intendersi come uno strumento scientifico o un isolato abbellimento di una casa patrizia, ipotesi peraltro piuttosto remota. Ma questo a parte, si evidenzia comunque che la sua costruzione non solo presuppone conoscenze scientifiche notevoli, ma anche una certa tradizione meccanica, perché una tale costruzione non si improvvisa.

Non si tratta tanto di ammettere che duemila e più anni fa esisteva una notevole tecnologia come messo in evidenza da L. Russo [13] nella sua lavoro, si tratta invece, e piuttosto, di porre in discussione l'idea formatasi in tanti secoli su quel mondo, quando si supponeva che la conoscenza fosse solo teorica: al contrario quel mondo era in grado di tradurre in pratica quanto teorizzava manifestando intuizioni geniali. La cui scarsa diffusione di quelle conoscenze, oltre agli scritti andati perduti, si deve forse /anche alla gelosia con cui esse venivano custodite dai pochi (il pitagorismo era ancora vivo) che le avevano in dote, e la cui potenzialità non fu compresa (o volutamente ignorata) dall'altra civiltà che con quel mondo si scontrò: Roma.

▼ Ricostruzione della macchina di Antikythera secondo Price (in alto) e Bromley



Quella costruzione sottende infatti, con ogni evidenza, una lunga tradizione meccanica a noi non giunta, di cui poco si conosce all'infuori di alcuni frammenti, e che s'inquadra nella tradizione della meccanica di → Archimede, Ctesibio, Filone, Conone, Eratostene ed Erone. Non solo si sapevano costruire oggetti di perfetta forma circolare, ma si era in grado di lavorarli e dentarli al punto che si era in grado di teorizzare quanti dovessero essere i singoli denti, e di quali dimensioni, su una ruota di un diametro dato, per generare secondo quella circonferenza un determinato rapporto in funzione della rappresentazione da generare, non escluso da ultimo quindi uno studio sul profilo dei denti.

Le domande da porsi: «chi costruiva quegli ingranaggi?», «quali tecnologie si usavano per il profilo dei denti?», «quali altri meccanismi del genere esistevano se si era capaci di operazioni che per l'epoca vanno considerate di micromeccanica?», sono destinate a restare senza risposta, e stupisce che quasi mai negli articoli scientifici ci si ponga queste domande, e che i ricercatori abbandonino spesso il rigore dovuto per risolvere il problema aggettivando l'oggetto come *meraviglioso, stupefacente, misterioso, sorprendente, computer dell'antichità*, ecc., ecc. La meraviglia si spiega solo se si omette di prestare la dovuta attenzione al mondo greco, quello mitologico compreso, dimenticando che *μύθος* in greco si traduce come «storia vera», ancorché spesso sacrale, e se si resta allora confinati in un mondo di classica tradizione, stancamente tramandato senza alcuna verifica, che esaurisce la civiltà greca in Platone, Aristotele, Aristofane, Sofocle, Euripide,...

I Greci nutrivano per le macchine una vera e propria passione

che si manifestò sin dai tempi di Omero, tanto che elessero Efesto (l'equivalente di Vulcano nella mitologia romana) a dio del fuoco e protettore di artigiani e fabbri, ed a lui si attribuiva la creazione della nave Argo e di altri meccanismi semoventi. A Dedalo, padre di Icaro, la mitologia attribuisce l'origine della lavorazione dei metalli, di regole per l'architettura e di statue semoventi, come il gigante Talos.

Se questa è la tradizione mitologica, la storia per la penna di Aristotele ci racconta ancora che in Grecia fra il V ed il IV secolo a.C. ci fu l'esplosione di una vera passione per gli automi; ed in un passo della *Politica* lo Stagirita lamenta l'abbondanza di produzione di macchine annotando:

se ogni strumento riuscisse di per sé o dietro comando a compiere la propria funzione come le statue di Dedalo o i tripodi di Efesto, se senza intervento umano le spole tessessero e i plettri toccassero la cetra, non servirebbero schiavi, o padroni, o subordinati [1, I, A 4, 1253b].

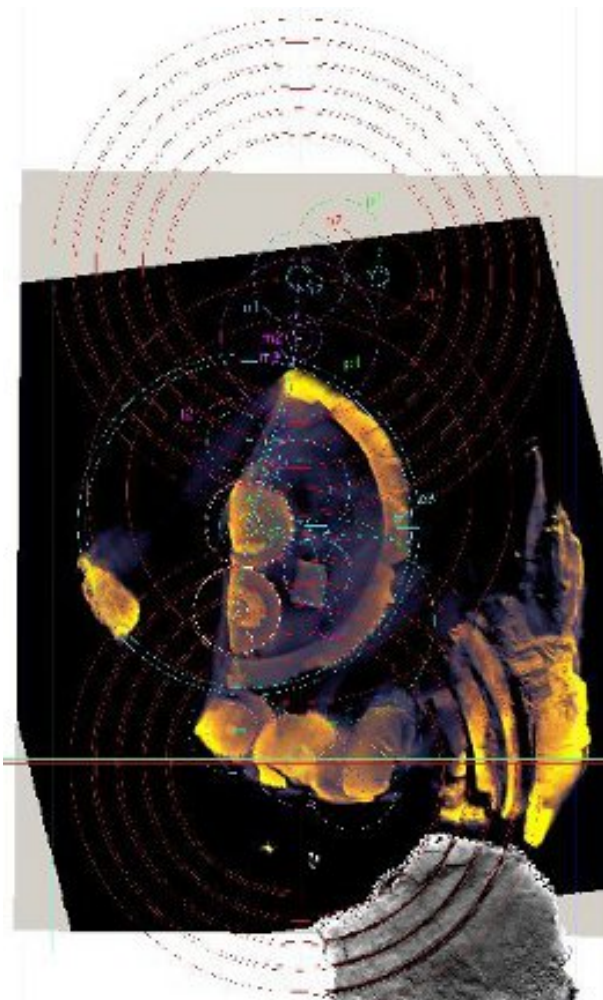
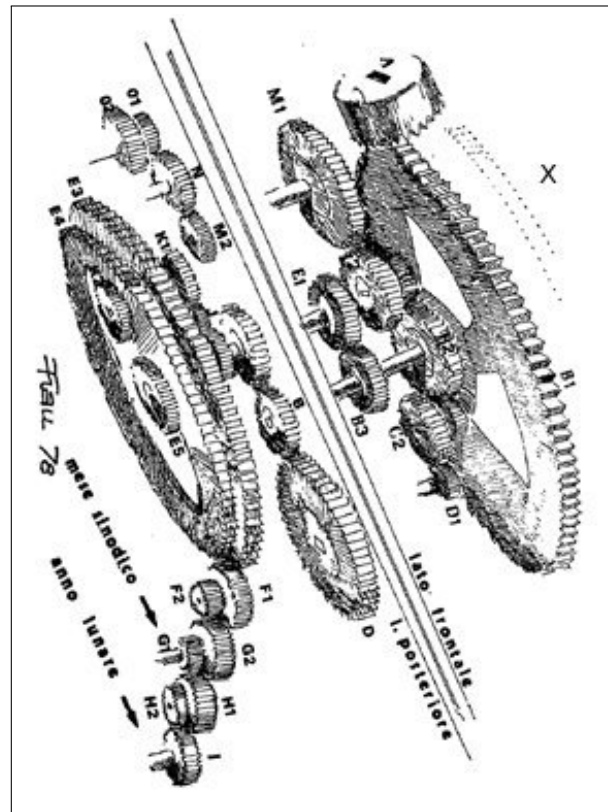
La copiosità e la ricchezza del pensiero greco (letterario, filosofico, matematico e scientifico), aveva fatto passare in second'ordine l'attenzione verso la manualità, come se una civiltà che si evolveva culturalmente, politicamente e militarmente, sia obbligata a restare a livello di semianalfabetismo per quel che concerne la meccanica applicata. Ed anche se questo è proprio quello che è avvenuto per Roma, bisogna ammettere che si tratta davvero di un caso isolato, e non solo nel mondo occidentale.

Quello che i resti ci raccontano è però anche un'altra cosa, e cioè che il rotismo epicicloidale utilizzato come modello per il moto planetario, comporta l'effettuazione di calcoli complessi

impossibili senza la conoscenza delle distanze dei corpi, le loro misure angolari, le loro velocità di spostamento, che l'attenzione per le cose celesti era notevole e ben documentata, e l'anonomo ideatore doveva aver ben chiara la formulazione di alcuni principî di meccanica celeste.

Nel fatto che tali conoscenze tecniche e scientifiche costringano a rivedere ampliandolo il giudizio sulla civiltà greca sta il principale dato della scoperta.

- ▼ In alto ricostruzione della macchina di Antikythera secondo lo sviluppo degli studi negli anni settanta. Da B. Frau, [6]; in basso ricostruzione computerizzata della macchina dalle radiografie sui frammenti; da *Antikythera Mechanism Research Project*



Bibliografia

- [1] ARISTOTELE DI STAGIRA. *Politica*. a cura di R. Laurenti, Laterza, 2007.
- [2] MARCO TULLIO CICERONE. *Tuscolanae disputationes*. Université catholique, Louvain, 2006. <http://agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm>.
- [3] MARCO TULLIO CICERONE. *De re publica*. Rizzoli, Biblioteca universale, Milano, 2008.
- [4] CLAUDIO CLAUDIANO. *In sphaeram Archimedis, Epigramma n° 51 dai Carmina minora*. Divus angelus, 2006. <http://www.divusangelus.it/claudianus/claudio.htm>.
- [5] CHARLES-HENRY EYRAUD. *Horloges astronomiques au tournant du XVII siècle: de là-peu-près à la précision*. Thèse de maîtrise, Université Lumière Lyon 2, Lyon, dicembre 2004. http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Musee/HorlogesAstro/These_Eyraud.pdf.
- [6] BENEDETTO FRAU. *Tecnologia Greca e Romana*. Gruppo Archeologico Romano, 1980. Capitolo 2.
- [7] TONY FREET, *et al.* “Decoding the ancient Greek astronomical calculator know as the Antikythera mechanism”. In: *Nature*, vol. 444, (2006), pp. 587 – 591.
- [8] TONY FREET, *et al.* “Calendars with Olimpiad display and eclipse prediction on the Antikythera mechanism”. In: *Nature*, vol. 454, (2008), pp. 614–617.
- [9] LUCIO CELIO FIRMIANO LATTANZIO. *Divinae Institutiones*. In Gian Carlo Garfagnini: *Cosmologie medievali*. Traduzioni, introduzioni e note dello stesso. Collana Storia della Scienza vol. 4, Loescher, Torino, 1980.
- [10] PUBLIO NASONE OVIDIO. *Fasti*. Rizzoli, Biblioteca universale, Bologna, 1998.
- [11] DEREK DE SOLLA PRICE. “An Ancient Greek Computer”. In: *Scientific American*, giugno 1959, vol. 6, (1959), pp. 60 – 67.
- [12] DEREK DE SOLLA PRICE. “Gears from the Greeks”. In: *Transaction of the American philosophical Society*, vol. 64, part 7, (1974), pp. 3 – 4.
- [13] LUCIO RUSSO. *La rivoluzione dimenticata: il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*. Feltrinelli, Milano, 2003.
- [14] AUTORI VARI. “The Antikythera Mechanism Project”. <http://www.antikythera-mechanism.gr>.
- [15] MASSIMO MOGI VICENTINI. “Il meccanismo di Antikythera”. <http://www.mogi-vice.com>. Animazione grafica.
- [16] MICHAEL T. WRIGHT “Understanding the Antikythera Mechanism. «Proceedings» di conferenza”. In: *Understanding the Antikythera Mechanism, Atene, 17 - 21 ottobre 2005*. 2005.
- [17] MICHAEL T. WRIGHT “The Antikythera Mechanism reconsidered”. In: *Interdisciplinary Science Review*, vol. 32, n. 1, (2007), pp. 27 – 43.