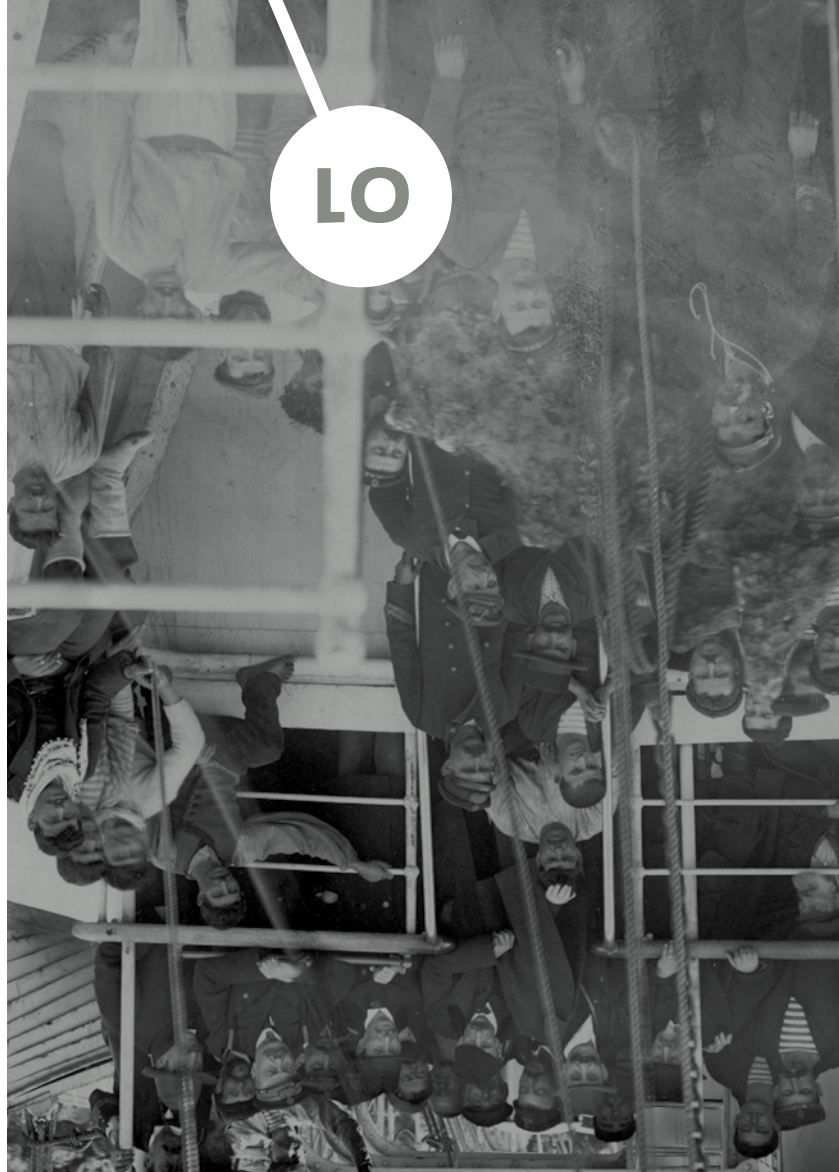


LO

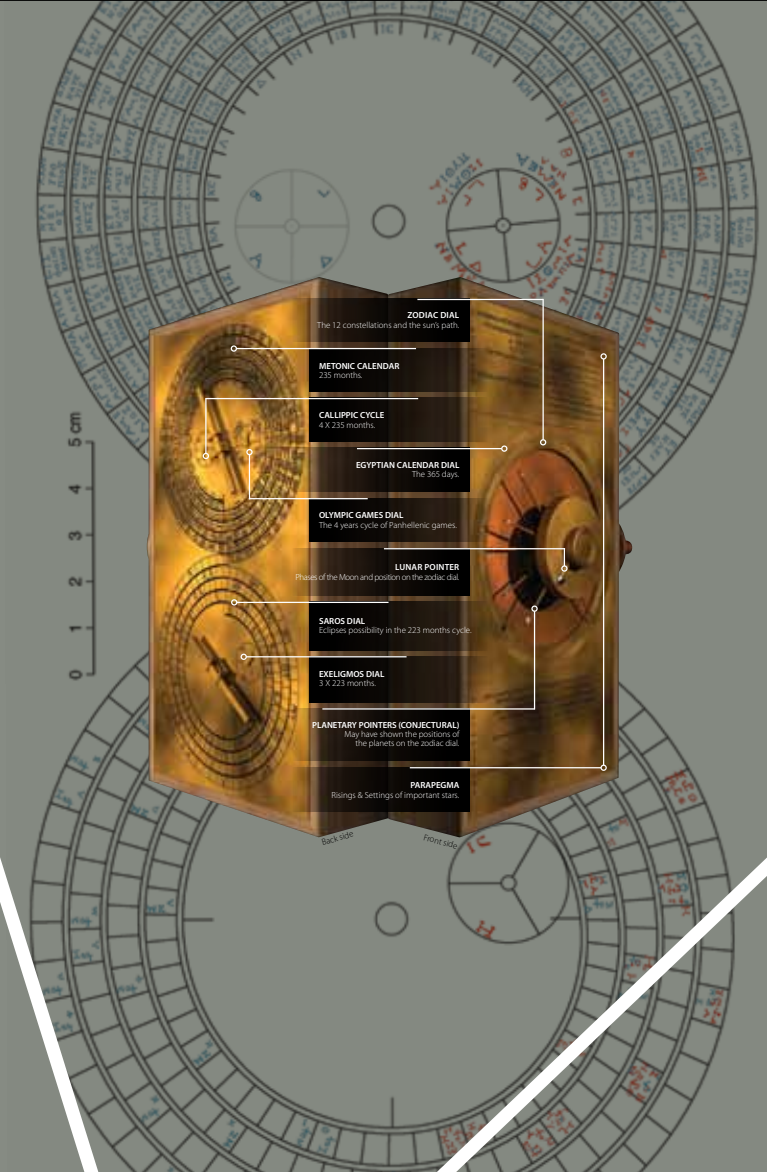


02

## Che cosa è un "computer astronomico e calendariale" ?

In tutte le epoche predire la posizione dei corpi celesti è stato importante per la vita sociale. Un computer moderno è in grado di evidenziare, per una determinata data e località, la posizione e le fasi della Luna, le costellazioni visibili, le eclissi... Ma può anche fare conversioni complesse tra i diversi calendari usati sin dall'antichità.

Alcuni di questi calcoli possono essere eseguiti con mezzi meccanici (ingranaggi, assi e puntatori), pur senza la stessa precisione e velocità. Ne sono esempi gli astrolabi (per calcolare l'ora, l'alba e il tramonto delle stelle), gli orologi astronomici complessi (che, insieme con l'ora, mostrano alcuni fenomeni astronomici), i modelli meccanici del sistema planetario, i planetari, ecc.



03

## Perché il Meccanismo è una macchina calcolatrice astronomica?

Dal momento in cui i frammenti del Meccanismo sono stati scoperti, si è osservato che i suoi elementi meccanici erano mischiati con frammenti di iscrizioni su cui erano leggibili termini astronomici come "del Sole", "raggio", "Venere". La somiglianza di questi elementi meccanici con oggetti più recenti risultò evidente.

Col procedere della pulitura dei frammenti apparvero nuove iscrizioni, ad esempio numeri relativi ai periodi astronomici (ad esempio il numero  $\Theta$ , Iota Theta = 19 per il periodo metonico della Luna e il numero  $\Sigma\text{K}\Gamma$ , Sigma Kappa Gamma = 223 per il ciclo di Saros di previsione delle eclissi). Si trattava chiaramente di un dispositivo astronomico di grande raffinatezza.

## Che cos'è il Meccanismo di Antikythera?

Il martedì di Pasqua del 1900 alcuni pescatori di spugne dell'isola di Symi scoprirono il relitto di una nave romana nei pressi della costa della piccola isola di Antikythera, fra il Peloponneso e Creta. Pochi mesi dopo, il governo greco organizzò la prima grande spedizione archeologica subacquea, con la collaborazione dei pescatori di spugne e con l'assistenza della Marina reale greca. Il naufragio avvenne tra l'80 e il 60 BCE, mentre gran parte del ricco carico della nave (statue, monete) precede il secondo secolo BCE; tra gli straordinari ritrovamenti c'era un oggetto con molti ingranaggi, quadranti e iscrizioni risalente al periodo 150-100 BCE. Questo particolare oggetto ora è chiamato il "Meccanismo di Antikythera", fin dalla sua scoperta si è ritenuto che fosse uno strumento astronomico - talvolta un astrolabio altre volte un planetario - o uno strumento di navigazione o addirittura una combinazione di diversi strumenti. Dopo più di un secolo di ricerche si è ora stabilito che il Meccanismo è la più antica macchina di calcolo astronomico e calendariale conosciuta. È stato definito il "più antico computer del mondo".

I tre frammenti principali del meccanismo sono esposti nella Collezione dei bronzi del Museo Archeologico Nazionale di Atene ed i restanti 79 piccoli frammenti sono conservati nei depositi della Collezione.



## IL MECCANISMO DI ANTIKYTHERA

UN COMPUTER ASTRONOMIC  
E CALENDRIAL

SANTA MARIA GUALTIERI • 22 | 28 GIUGNO 2011  
PIAZZA DELLA VITTORIA, PAVIA  
ORARIO: FERIALI 9|12 15,30|19,30 • FESTIVI 10|13 16|20 • INGRESSO GRATUITO



IL MECCANISMO DI ANTIKYTHERA  
UN COMPUTER ASTRONOMIC  
E CALENDRIAL

Hephaestus  
Hellenic Philosophy, History and Environmental  
Science Teaching Under Scrutiny



La mostra è organizzata dal Programma per la Storia, Filosofia e Didattica della Scienza e della Tecnologia dell'Istituto per la Ricerca Neoeellenica della Fondazione Nazionale di Ricerca Neoeellenica ([www.hpdst.gr](http://www.hpdst.gr)) e finanziata dal Progetto Efesto (EU, FP7, Capacities, RegPot1-2008).

La versione italiana della mostra è organizzata nell'ambito delle attività del Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Didattica e la Storia delle Scienze, del Sistema Museale d'Ateneo ed è a cura di Fabio Bevilacqua.

Allestimento

Federica Gallotta

Coordinamento organizzativo

Patrizia Contardini



DESIGN



04

## Chi ha studiato il Meccanismo e perché sono state necessarie nuove ricerche?

A partire dal maggio 1902, nella prima pubblicazione sugli oggetti scoperti nel relitto di Antikythera, è menzionata la "strana macchina di bronzo", e si ipotizza una possibile funzione astronomica. Nelle pubblicazioni successive è menzionato il termine "astrolabio", mentre altre opinioni propendono per un dispositivo più complesso, come un planetario. Il dibattito continua fino agli anni '70 e alle prime analisi con i raggi X, quando viene raggiunto un consenso sulla natura del manufatto: è un dispositivo meccanico di calcolo che consente di visualizzare i calendari e i relativi fenomeni astronomici. Ma le teorie circa le sue funzioni sono dibattute e le iscrizioni decifrate sono poche. Di conseguenza il Museo Archeologico Nazionale concede le autorizzazioni per ulteriori indagini: nel 1990, con la tomografia lineare, e nel 2005, con tecniche avanzate di tomografia per imaging di superfici. Questa ultima ricerca interdisciplinare è ancora in corso.



05

## Quali sono le parti del Meccanismo e che cosa viene visualizzato su di esso?

Il Meccanismo è costituito da scale, quadranti, assi, puntatori e iscrizioni su molti dei suoi piani, tra i quali il fronte e il retro. Come indovinato dagli epigrafisti dei primi anni del 20° secolo, queste iscrizioni sono qualcosa di simile a un "manuale di istruzioni".

L'inserire queste iscrizioni nel contesto dell'astronomia antica, in congiunzione con l'esame delle restanti parti meccaniche (ingranaggi, assi, scale, quadranti, ecc.), consente ai ricercatori di poter credere alle funzioni calendariali e astronomiche di gran parte del dispositivo che è sopravvissuto.

Ma una parte importante del Meccanismo non è stata ritrovata e quindi la ricerca su alcune delle sue funzioni si basa in larga misura sull'interpretazione delle iscrizioni.

## Come funziona?

Girando una manovella si muovono simultaneamente tutti i puntatori, attraverso gli ingranaggi e gli assi che li collegano. Selezionando una data nel quadrante anteriore di 365 giorni (con la possibilità di aggiungere un giorno bisestile ogni quattro anni), possono essere lette sugli altri quadranti le corrispondenti informazioni sui corpi celesti. In alternativa, si può selezionare un evento astronomico e quindi vedere la data in cui si verificherà (o si è verificato in passato).

Per esempio, si può direttamente verificare la corrispondenza tra il calendario solare e lunare, la posizione del sole e della luna (e probabilmente di Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno) sullo zodiaco, la fase della luna e le eclissi che si possono verificare in un dato giorno del mese selezionato. Ma la capacità più notevole del Meccanismo di Antikythera è quella di mostrare il movimento variabile della Luna, realizzato attraverso una successione straordinaria di ingranaggi epicicloidali.

06

## Il Meccanismo è unico (senza precursori o successori)?

Riferimenti a meccanismi simili si trovano in molti testi antichi, ma nessuno di questi può rivaleggiare esattamente con ciò che conosciamo di questo specifico dispositivo. E' probabile che meccanismi simili siano stati costruiti nell'antichità, ma non sono stati conservati in quanto venivano riciclati per costruire altri oggetti.

La tecnologia per tagliare gli ingranaggi ed il loro uso per la variazione dei rapporti di rotazione erano già conosciuti almeno un secolo prima del periodo nel quale si pensa sia stato costruito il Meccanismo, cioè la seconda metà del secondo secolo BCE. Dopo che il Meccanismo fu costruito, Cicerone (fine del II secolo BCE - inizio I secolo BCE), Vitruvio (I secolo BCE) ed Erone (I secolo BCE - I secolo CE) riportano dettagliate menzioni di dispositivi con ingranaggi, ma anche di planetari. Va ricordato che la terminologia di Erone corrisponde piuttosto bene ad alcuni dei termini incontrati nel "manuale utente" del Meccanismo.

Dopo il Meccanismo di Antikythera, il primo dispositivo astronomico complesso a ingranaggi fu il planetario (astrarium) di Giovanni de' Dondi (XIV secolo). Più tardi in Europa Occidentale planetari sempre più precisi furono costruiti sia per essere utilizzati dagli astronomi, sia come elemento di prestigio per i loro proprietari. Nonostante la mancanza di prove, si ritiene che questa tradizione sia stata salvaguardata da artigiani anonimi, come si è visto in casi analoghi.

07

## Dove, quando e da chi è stato costruito?

Si stima che il meccanismo sia stato costruito durante la seconda metà del II secolo BCE, come parte della tradizione di "Sphairopoia" (costruzione delle sfere), che forse ebbe origine con Archimede. Con Apollonio di Perga (III - II secolo BCE), Ipparco di Nicea (II secolo BCE) e con i loro contemporanei i progressi della teoria astronomica furono tali da rendere possibile la progettazione di un meccanismo che rappresentasse il movimento delle "stelle erranti" (i pianeti) e il movimento variabile della Luna.

Posidonio da Rodi è stato indicato come uno dei probabili progettisti del Meccanismo. Sia Ipparco sia Posidonio erano attivi a Rodi, e ciò fa ritenere Rodi come possibile luogo di nascita del Meccanismo. Anche gran parte del carico del relitto di Antikythera fa riferimento alla stessa regione. Ma il calendario metonico e i nomi dei mesi indicano mesi che potrebbero provenire da Corinto stessa o da una città della Sicilia come Taorminum (Taormina) che era sotto l'influenza dei Siracusani. Può una tradizione originatasi con Archimede essere sopravvissuta integrandosi con la costruzione delle sfere per gli epicicli o gli equanti, e consentire la spiegazione della variazione della velocità apparente dei corpi celesti?

08

## Ingranaggi e rapporti di rotazione

Se una ruota dentata da 100 denti ingrana con una da 50 denti, la seconda ruoterà con la metà del periodo, cioè due volte più velocemente: quando l'ingranaggio più grande ha girato una volta, il piccolo ha girato due volte in senso opposto. Con la combinazione appropriata di ingranaggi, i rapporti possono essere moltiplicati e divisi per calcolare i periodi astronomici. Il numero dei denti degli ingranaggi del Meccanismo è il risultato di calcoli derivanti dal ciclo metonico (19 anni, 235 mesi lunari) e da quello di Saros (18,03 anni, 223 mesi lunari), nonché dalla teoria per il moto apparente variabile della Luna.

## Il moto della Luna

La ruota dentata che dà l'input a due ingranaggi epicicloidali è dotata di un perno che scorre in una fessura sul dispositivo di uscita. I due ingranaggi ruotano su assi leggermente diversi, separati da una distanza di circa 1 mm. Il risultato è una variazione da più lenta a più veloce (e viceversa), della velocità di rotazione dell'ingranaggio di uscita, mentre l'ingranaggio di entrata ruota a velocità costante. Questo meccanismo è esattamente ciò che è necessario per mostrare la variazione osservabile del moto della Luna, secondo la teoria attribuita a Ipparco.

## Il ciclo metonico, i cicli di Saros e di Exeligmos

### Il ciclo metonico

Il ciclo della Luna da una Luna nuova alla successiva si chiama mese lunare. Il problema per i calendari è che un anno non è un numero intero di mesi lunari. Il ciclo metonico - dal nome dell'astronomo ateniese Metone di Atene - affronta questo problema utilizzando la coincidenza tra 235 mesi lunari e 19 anni. Metone introdusse un calendario basato su questo ciclo, che partiva dall'equinozio di primavera del 432 BCE. Le prove raccolte tramite tomografia computerizzata mostrano che il quadrante superiore posteriore è suddiviso in 235 sezioni, ciascuna corrispondente a un mese lunare. Questo è il periodo metonico. All'interno di questo quadrante c'è un quadrante secondario, con l'unico ciclo del dispositivo che non ha alcun significato astronomico: il ciclo di Olimpia, un calendario di quattro anni con un grande significato sociale. Il numero 76 sulle iscrizioni indica inoltre che ci dovrebbe essere anche un quadrante Callippico, che è tentativamente messo qui nella parte sinistra del quadrante metonico.

### Il Saros e cicli di Exeligmos

I Babilonesi osservarono che ogni 223 mesi lunari (6.585 giorni e 1/3, poco più di 18 anni) le eclissi di sole e di luna si ripetono con caratteristiche simili - un ciclo chiamato il ciclo di Saros. Il periodo di Saros non è un numero intero di giorni e questo significa che la ripetizione dell'eclisse è spostata di circa 8 ore di tempo e di 120 gradi di longitudine. Gli astronomi antichi hanno individuato un triplo ciclo di Saros di 669 mesi lunari, che è un numero intero di giorni chiamato "il ciclo di Exeligmos".

Il quadrante inferiore della parte posteriore del Meccanismo è diviso in 223 sezioni, ciascuna delle quali corrisponde a un mese lunare. E' stato chiamato quadrante di Saros e alcune delle sue sezioni mensili includono iscrizioni con previsioni di eclissi che descrivono se l'eclisse è lunare o solare, diurna o notturna e l'ora in cui si verifica. Un quadrante ausiliario, diviso in tre sezioni, corrisponde al ciclo di Exeligmos. La funzione di questo quadrante è quella di spostare l'orario dell'eclisse, previsto nelle iscrizioni sul quadrante di Saros, di otto ore per ogni successivo ciclo di Saros.

