

*Il meccanismo di Anticitera: un oggetto fuori tempo  
o un prodotto dell'età classica?*

*Introduzione*

Fra gli oggetti di interesse archeologico rinvenuti nel secolo appena trascorso, uno dei più interessanti dal punto di vista tecnico-scientifico è senz'altro quello conosciuto come Macchina o Meccanismo di Anticitera. Questo reperto, ritrovato proprio all'inizio del XX secolo, è stato riconosciuto come meccanismo solo una cinquantina di anni dopo. Da allora numerosi studiosi sia stranieri che italiani (v. ad es. [1-3]) si sono dedicati all'analisi di questo meccanismo per ricostruirne le funzioni ed i principi di funzionamento. Alcuni autori hanno ritenuto che questo oggetto avesse qualche cosa di misterioso, nel senso che potesse essere classificato come un "oggetto fuori tempo". Le conoscenze sia di meccanica che di astronomia che sono state indubbiamente patrimonio del (o dei) suo costruttore sono sembrate incompatibili con l'epoca alla quale l'oggetto certamente appartiene (I secolo a.C.). Anche uno degli autori [12] del presente articolo ha nutrito dubbi su questo aspetto; successive letture lo hanno convinto che le conoscenze degli scienziati di epoca ellenistica siano del tutto compatibili con la progettazione e la costruzione della Macchina di Anticitera. Questo scritto vuole essere dunque, anche, un contributo a rettificare sue precedenti convinzioni.

*Il meccanismo di Anticitera*

Il reperto noto con il nome di meccanismo di Anticitera desta interessi sia di tipo storico che di tipo tecnico-scientifico. In questo paragrafo si fanno alcuni cenni sulla storia del suo ritrovamento e sulle parti meccaniche dalle quali esso è costituito e sui principi di funzionamento.

*Storia del ritrovamento*

Una descrizione delle circostanze e dei luoghi nei quali fu trovato il Meccanismo di Anticitera è fornita da uno dei maggiori studiosi del meccanismo stesso [1]. Poco prima della Pasqua del 1900, un gruppo di pescatori di spugne di Samo (Dodecaneso), al ritorno da una spedizione di pesca nelle acque tunisine, fecero tappa nel canale tra le isole di Citera e Creta, canale per il quale (da millenni) passano le rotte principali tra il mediterraneo occidentale e quello orientale. Essi trovarono rifugio presso porto Potamo, in un'insenatura dell'isoletta di Anticitera (antica Aigilia); quest'ultima si trova all'incirca nel mezzo del canale tra Citera e Creta e da origine ad un tristemente famoso cimitero di navi (antiche e moderne) per la presenza di banchi di sabbia, secche e correnti improvvise. Gettarono l'ancora in un punto situato a Lat. 35°52'30"N e Long. 23°10'35"E ed alcuni di loro si tuffarono in cerca di spugne su di un fondale di circa 42m.

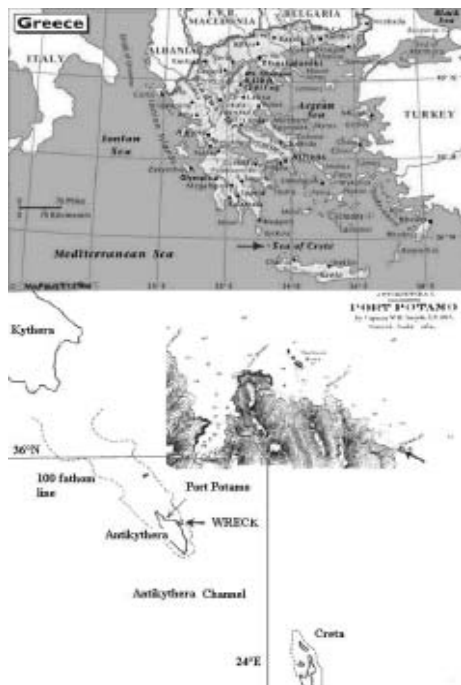


Fig. 1 – Luogo del ritrovamento

Elias Stadiatis trovò una grande nave il cui relitto era adagiato sul fondo; nel relitto, insieme ad anfore ed altri reperti trovò quello che a prima vista sembrava un blocco compatto di bronzo in parte ricoperto da incrostazioni calcaree.

Successivamente il reperto fu portato al Museo di Atene dove non fu fatto oggetto di studi articolari prima del 1928, quando l'ammiraglio greco Jean Theophinidis se ne occupò menzionandolo in un articolo sui viaggi di S. Paolo nella Great Military and Nautical Encyclopaedia; Theophinidis descrive alcune visibili ruote dentate presenti nel meccanismo e propone una ricostruzione con proiezioni stereografiche, rilanciando l'idea che lo strumento fosse stato un astrolabio. Solo nel 1951,

però, il Professor Derek J. De Solla Price (1922-1983), professore di Storia della scienza all'Università di Yale, con la collaborazione del dott. Christos Karouzos, direttore del Museo Archeologico Nazionale di Atene, intraprese uno studio approfondito avvalendosi anche di altri scienziati per le analisi chimiche e radiografiche del reperto. Negli anni successivi altri ricercatori, tra i quali ricordiamo Allan George Bromley, Michael Wright e quanti fanno parte del "Antikythera Mechanism Research Project", recentemente costituito, hanno continuato gli studi sul meccanismo scoprendo nuove possibilità di ricostruire il suo funzionamento. Tra gli studiosi che oggi si dedicano al Meccanismo di Anticitera va ricordato l'Italiano Giovanni Pastore che ad esso ha dedicato una parte del suo interessantissimo volume [2] sui regoli calcolatori.

#### *Descrizione del meccanismo*

Secondo la ricostruzione del De Solla Price, il meccanismo era costituito da un insieme di rotismi contenuti in una scatola avente le dimensioni di circa 30x15x7,5 cm (più piccola di una scatola da scarpe) dalla quale fuoriusciva una manovella che serviva per farlo funzionare (v. fig.2).

La scatola di legno costituiva il telaio e presentava tre quadranti: uno sul lato anteriore e due su quello posteriore. L'unico quadrante comprensibile è quello sul lato anteriore: esso mostra il moto del sole e quello della luna rispetto alle costellazioni dello zodiaco ed il sorgere ed il tramontare di stelle o co-

stellazioni importanti. I quadranti sul lato posteriore sono poco leggibili perché profondamente corrosi; si presume che essi servissero a visualizzare il moto della luna e degli altri pianeti conosciuti all'epoca. Uno di questi due quadranti riporta la durata del mese sinodico e dell'anno lunare; dell'altro non si sa quasi nulla. In figura 3 sono riportate le ricostruzioni dei tre quadranti (quello anteriore in alto e quelli posteriori in basso), secondo De Solla Price.

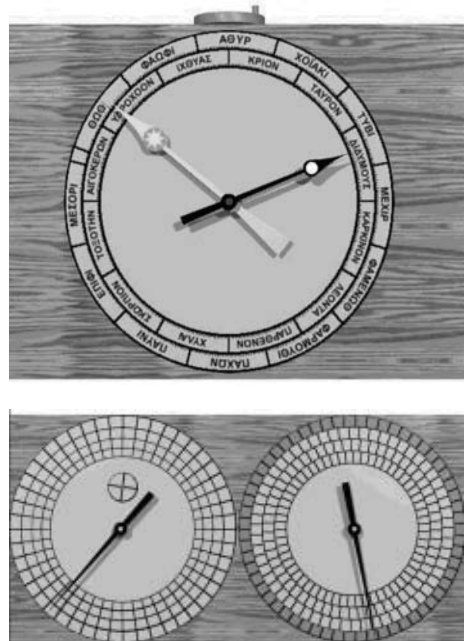
Nella figura 4 è riportata la ricostruzione dei rotismi secondo De Solla Price. Il moto entra dalla ruota dentata A1 ( $z=45$ ) (che era collegata ad una manovella) ed ingrana con la ruota B1 ( $z=225$ ); quest'ultima muove tutti gli altri rotismi. Poiché  $225/45=5$ , occorrono 5 giri della manovella (e quindi della ruota A1 per un giro della B1; di conseguenza ad 1 giro di A1 dovevano corrispondere 73 giorni ( $73 \times 5 = 365$ ).

Il rotismo principale è costituito da una ventina di ruote che, sempre il De Solla Price costituiscono un rotismo differenziale. Una delle funzioni principali è quella di riprodurre il rapporto fisso  $254/19$  che rappresenta il rapporto del moto siderale della luna rispetto al sole.

Il differenziale aveva anche la funzione di mostrare, oltre ai mesi lunari siderali, le lunazioni che venivano ottenute sottraendo il moto solare al moto lunare siderale. Sempre secondo la ricostruzione di De Solla Price, il meccanismo aveva anche le funzioni di mostrare il Ciclo Metodico di 235 mesi sinodici che approssimativamente equivale a 19 anni solari e l'anno lunare di



*Fig. 2 – Ricostruzione del meccanismo*



*Fig. 3 – Ricostruzione dei quadranti[II]*

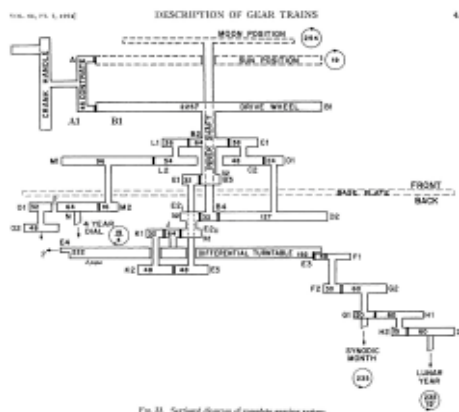


Fig. 33. Schematic diagram of complete gearing system.

Fig.4 – Ricostruzione del Meccanismo secondo De Solla Price [1]

12 mesi sinodici. In figura 5 è mostrata una vista prospettica del meccanismo.

Dopo gli studi di De Solla Price, numerosi altri studiosi si sono occupati dell'argomento. Tra questi si ricordano Allan George Bromley (univ. Di Sydney) che si è avvalso della collaborazione di Frank Percival (un orologiaio) e Michael Wright (del London Science Museum) il quale, insieme agli studiosi precedentemente menzionati, si sono avvalsi di nuove tecniche di indagine radiografica. Wright ha avanzato una serie di nuove proposte per l'interpretazione del funzionamento del meccanismo e dei

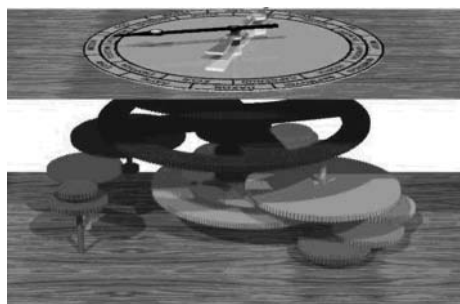


Fig.5 – Ricostruzione in prospettiva secondo De Solla Price [II]

suoi componenti. Tra queste, oltre a quella che il meccanismo fosse un planetario (già avanzata da De Solla Price), Wright suggerisce che il meccanismo avesse la funzione di mostrare non solo i moti del sole e della luna ma anche quella dei 5 pianeti allora conosciuti: Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno. Wright ha anche proposto che il moto di luna e sole fosse rappresentato secondo la teoria di Ipparco e quello dei cinque pianeti secondo la semplice teoria del teorema di Apollonio.

Il numero di ingranaggi riconosciuti passa da 27 a 31. Wright ha proposto inoltre che la scala dei quadranti posteriori fosse costituita da 5 giri avvolti a spirale con 47 divisioni per giro. In questo modo si avrebbero 235 divisioni per i 235 mesi del ciclo di Metone. Uno dei quadranti posteriori avrebbe poi avuto la funzione di contare i mesi Draconiani ed avrebbe potuto forse essere usato per predire le eclissi. Nella figura 6 è mostrato il meccanismo secondo le teorie più recenti. Secondo la ricostruzione di Wright, contrariamente a ciò che ritenne De Solla Price, nel meccanismo di Anticitera non era presente alcun rotismo differenziale. Attualmente il Meccanismo è studiato da un gruppo di scienziati riuniti in un organismo chiamato "Antikythera Mechanism Research Project" del quale fanno parte università, musei, e centri di ricerca di ditte private con il sostegno economico della Banca Nazionale di Grecia.

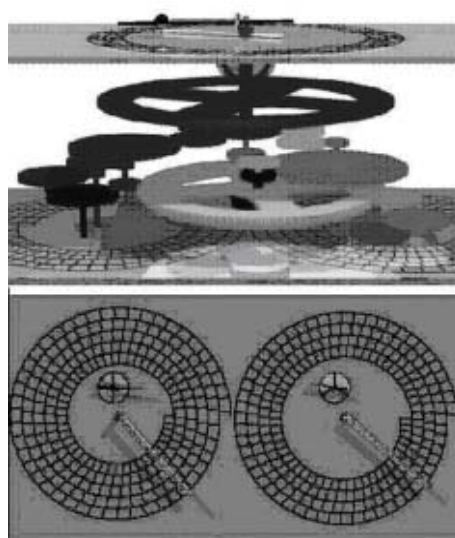
Le nuove indagini confermano che il meccanismo sia stato un calcolatore astronomico o un planetario usato per

predire le posizioni dei corpi celesti; inoltre si presume che vi fossero state 37 ruote dentate delle quali ne sono sopravvissute 30. Si propone poi che sul retro del contenitore due indicatori avrebbero mostrato due ulteriori importanti cicli astronomici: i ciclo di Callippo ed il ciclo di Saros. Infine la luna varierebbe la sua velocità secondo la teoria di Ipparco ed, in prima approssimazione la sua velocità angolare seguirebbe la legge di Keplero.

#### *Aspetti tecnologici*

Gli aspetti tecnologici principali sono due: quello legato alla composizione della lega di cui sono costituiti i pezzi del meccanismo e quello legato alla forma della dentatura. Per stabilire la composizione chimica dei frammenti, il De Solla Price si avvale della collaborazione del Professor Cyril S. Smith, (Professor Emeritus, M.I.T.); furono analizzati due campioni: uno era un campione medio dei detriti, l'altro era costituito da particelle compatte prelevate dal core di un foglio di lamiera. Nella Tabella 1 è riportata la composizione dei frammenti in percento.

In aggiunta agli elementi riportati in tabella, entrambi i campioni contenevano all'incirca: 0,01% di alluminio, molibdeno, calcio e cobalto; dallo 0,001 allo 0,005% circa di magnesio, vanadio, argento, boro e cromo. Conclude il Prof. C. S. Smith: "Il materiale è bronzo di buona qualità. È ragionevole supporre che il contenuto di stagno sia stato del 5 % che è in accordo con le analisi della microstruttura. Non c'è traccia di zin-



*Fig. 6 – Ricostruzione da studi recenti*

co; quindi l'ipotesi che il meccanismo fosse fatto di ottone è completamente negata. Il contenuto di ferro, antimonio ed arsenico, sebbene significativo, costituisce senza dubbio una normale impurità. Il contenuto di oro non è raro in antiche leghe di rame. È appena possibile che i fogli siano stati dorati sebbene nessuna traccia di oro sia stata osservata al microscopio, quindi si può

Elemento	Campione medio %	Frammento selez. %
Rame	Costituente principale	Costituente principale
Stagno	1-10	1-10
Piombo	0,3	0,6
Arsenico	0,1	0,1
Sodio	0,1	0,1
Nikel	0,06	0,1
Oro	0,06	0,04
Ferro	0,05	0,05
Antim.	0,02	0,04
Bismuto	0,02	0,04

*Tab.1 - Composizione dei frammenti in percento*

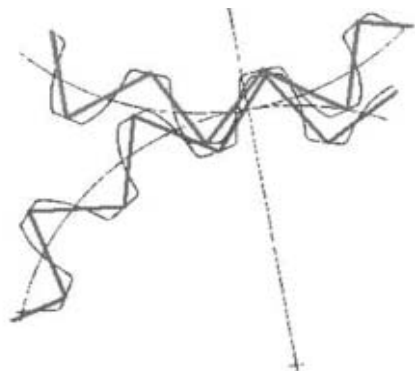


Fig. 7 - Dentatura [2]

concludere che l'oro presente fosse una impurità non intenzionale nel metallo stesso. Sodio, calcio ed alluminio erano state probabilmente assorbite dall'acqua di mare e gli altri elementi, tutti in quantitativi insignificanti, sono impurezze naturali." La dentatura delle ruote è alquanto grossolana: i profili dei fianchi dei denti non costituiscono profili coniugati essendo essi dei triangoli equilateri. Il funzionamento delle ruote senza tendenza ad impuntamenti è reso possibile dalla presenza di giochi elevati come mostrato in figura 7. Il prof. De Solla Price ha anche valutato il modulo delle varie ruote; nel grafico in figura 8 le li-

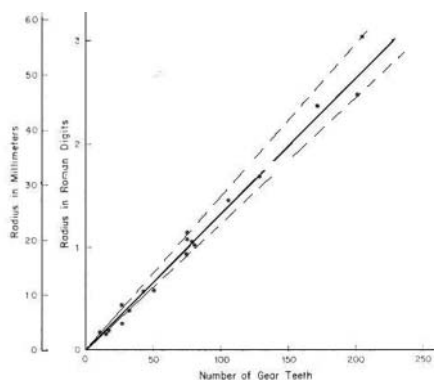


Fig. 8 - Modulo ruote dentate [1]

nee superiori, media ed inferiore rappresentano moduli di 0,45, 0,50 e 0,53 rispettivamente.

#### *Altre realizzazioni dell'età classica*

Il meccanismo di Anticitera rappresenta certamente una delle più brillanti realizzazioni del suo tempo; forse la più brillante tra quelle a nostra conoscenza, ma certamente era del tutto compatibile con il sapere degli ingegneri vissuti nell'epoca nella quale esso si ritiene sia stato realizzato. Lo stupore con il quale viene osservato deriva probabilmente da una conoscenza poco approfondita del sapere degli ingegneri dell'epoca: molti sono infatti portati a credere che tutta l'umanità dell'epoca conoscesse poco più di quanto era necessario ad una agricoltura piuttosto primitiva ed ad un'industria poco più progredita di quella legata alla fucinatura del ferro. Anche le conoscenze astronomiche dell'epoca sono comunemente considerate come molto primitive. In nessuno di questi campi, però, le conoscenze erano così lontane dalle nostre come comunemente si è portati a pensare. A prova di quanto appena detto, si riportano alcuni esempi di "congegni" concepiti e realizzati nella stessa epoca storica e negli stessi luoghi.

#### *Il Mesolabio*

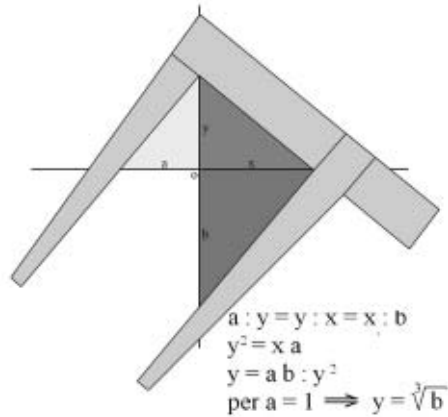
In figura 8 è mostrata la ricostruzione di un mesolabio ed il suo principio di funzionamento. L'invenzione del mesolabio è attribuita ad Eratostene; a quanto sappiamo, esso è certamente uno dei primi esempi di calcolatore (regolo cal-

colatore) della storia. La funzione principale dello strumento ( $\mu\epsilon\sigma\omicron\varsigma\lambda\alpha\beta\omega$  = prendo il mezzo) era quella di trovare due medi proporzionali tra due segmenti dati; esso consentiva, anche, di risolvere il problema della duplicazione del cubo, ossia di trovare il lato di un cubo avente volume doppio di quello di un cubo dato, ossia di estrarre la radice cubica.



### *Orologio di Ctesibio*

Questo particolare orologio ad acqua ha la particolarità di indicare le ore del giorno e della notte tenendo conto del fatto che esse, al tempo dei romani, avevano durata variabile a seconda del giorno dell'anno. Il suo funzionamento è già stato descritto in [13] per cui si ricorda solo la presenza di un meccanismo automatico che, al trascorrere dei giorni dell'anno, consentiva di misurare il tempo tenendo conto (per ogni giorno) della differenza della durata del giorno da quella della notte. Nello stesso periodo storico e nella stessa area geografica nei quali sarebbe stato realizzato il Meccanismo di Anticitera, era certamente stato realizzato uno strumento di misura del tempo meccanico ad esso comparabile, da un punto di vista concettuale.



*Fig. 9 - Mesolabio*

rotismi tra i quali delle coppie vite perpetua-ruota compagna.

### *Nave a propulsione meccanica*

Su di un bassorilievo, mostrato in figura 10, vi è una nave sulla quale si nota l'assenza di fori per i remi. Esso, rinvenuto a Mainz, rappresenta una nave militare romana che con tutta probabilità pattugliava il Reno.

Su di un fiume spesso non c'è abbastanza spazio per manovrare i lunghi remi di una grande nave; neppure è possibile la navigazione con le vele quadre dell'epoca.

### *L'Odometro di Vitruvio*

In figura 9 è riportata una ricostruzione dell'odometro di Vitruvio; come si può osservare, lo strumento è dotato di quattro lancette che misurano lo spazio percorso. Esse sono mosse dall'asse delle ruote attraverso una serie di

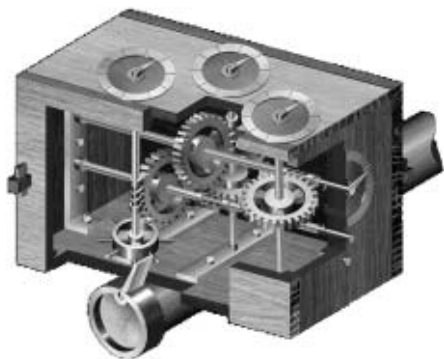


Fig. 10 – Odometro di Vitruvio



Fig. 11 – Bassorilievo rinvenuto a Mainz



Fig. 12 – Nave con propulsione a pale

Per questo motivo si è ipotizzato che l'assenza dei fori dei remi fosse dovuto al fatto che la propulsione della nave rappresentata sul bassorilievo fosse di tipo "meccanico".

In figura 12 è mostrata una nave romana con propulsione mediante ruote a pale. Mosse tramite ingranaggi da alcune coppie di buoi nella stiva.

### *Il telegrafo ad acqua*

Ci si potrebbe chiedere come potessero alcuni imperatori romani trascorrere lunghi periodi a Capri, cioè lontani da Roma, senza potere essere informati in breve tempo degli avvenimenti della capitale e dell'Impero. Si è portati a credere, infatti, che all'epoca le notizie fossero portate solo da piccioni viaggiatori (sistema non sufficientemente certo data la vulnerabilità del volatile) oppure da staffette. Ma una staffetta avrebbe potuto impiegare giorni per recare il messaggio specie in caso di condizioni di mare avverse. Il problema veniva risolto con un mezzo che, concettualmente, anticipava il telefax ossia la trasmissione simultanea dei dati. Questo strumento di trasmissione delle informazioni era il telegrafo ad acqua, una ricostruzione del quale è mostrata in figura 13.

Il dispositivo è essenzialmente costituito da un recipiente pieno d'acqua con un galleggiante graduato ed un rubinetto sul fondo. Due stazioni (la trasmittente e la ricevente) sono dotate di due strumenti identici in ogni particolare. Quando la trasmittente vuole iniziare la trasmissione, lancia un lampo di luce verso la ricevente; quest'ultima risponde con un lampo per confermare la sua attenzione. Poco dopo la trasmittente emette un secondo lampo ed in quell'istante entrambe gli operatori (trasmittente e ricevente) aprono il rubinetto, così che il galleggiante comincerà a scendere. Appena esso sarà arrivato in corrispondenza della graduazione desiderata, un successivo lampo di luce segna-

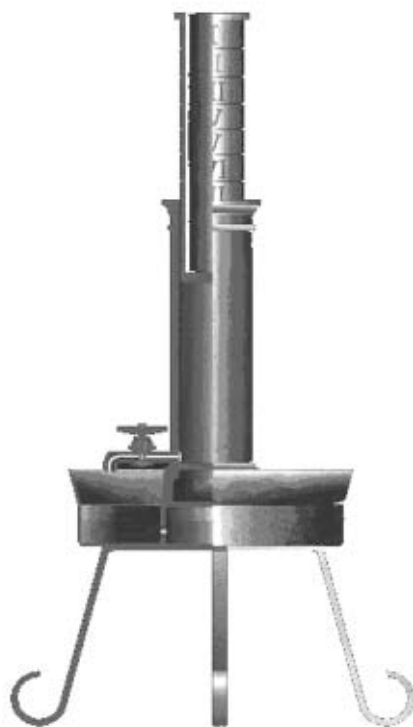


lerà l'evento ed entrambi gli operatori chiuderanno il rubinetto. Poiché i due apparecchi sono uguali, i galleggianti si troveranno in corrispondenza della stessa tacca della graduazione. Se ad ogni tacca corrisponde un concetto, ripetendo poche volte l'operazione descritta, si può trasmettere un'informazione anche complessa. Il principio di funzionamento è quindi quello della trasmissione simultanea dei dati ed è concettualmente lo stesso dell'attuale telefax. Nella figura 14 è mostrata una ricostruzione pittorica del sistema. Un piccolo numero di stazioni poteva, quindi, coprire distanze considerevoli.

### *Conclusioni*

Le realizzazioni contemporanee al meccanismo di Anticitera, delle quali si sono riportati solo pochi esempi, ci portano a concludere che in quei secoli sapere e concetti scientifici erano molto più "moderni" di quanto non si pensi comunemente. Alessandro Magno, conquistando il suo impero, molto probabilmente portò in Occidente molto del sapere orientale dall'India e dalla Persia dando origine all'Ellenismo. L'epoca nella quale fu realizzato il meccanismo di Anticitera non è quello della Grecia e di Roma del quarto secolo a.C. ma quello, molto più evoluto scientificamente e tecnicamente dell'Età Ellenistica.

Se viene confrontato con altre realizzazioni dell'epoca, delle quali sono stati ricordati solo alcuni dei numerosissimi esempi, il Meccanismo di Anticitera ci appare quindi perfettamente compatibile sia con le conoscenze sia con la tecno-



*Fig. 13 – Telegrafo ad acqua*



*Fig. 14 – Sistema di trasmissione con telegrafo ad acqua*

logia dell'epoca nella quale si ritiene sia stato realizzato. Se la biblioteca di Alessandria non fosse stata distrutta (quasi per intero) da successivi incendi, l'ultimo dei quali nel 646 d.C., forse molte delle conoscenze degli scienziati dell'età classica non sarebbero andate perdute ed il progresso scientifico nei secoli successivi avrebbe avuto un corso molto diverso fino ai giorni nostri.

In ogni caso, studiando ciò che è possibile riconoscere o ricostruire da reperti archeologici, si ha la sensazione che molte delle idee comuni sulle conoscenze scientifiche del passato siano decisamente da rivedere. Su questo argomento è possibile che le nostre informazioni siano, oggi, solo ancora molto limitate. Questo genera uno stimolo per la nostra curiosità di ricercatori ad approfondire lo studio del passato.

#### *Ringraziamenti.*

Si ringrazia il Prof. Ing. Giovanni Pastore per il suo cortese e prezioso aiuto nel fornire dati ed immagini.

#### *Bibliografia*

[1] D. De Solla Price, *Gears From the Greeks*, Trans. of The American Philosophical Society, Vol.64, Part 7, 1974, ISBN 0-87169-647-9.

[2] G. PASTORE, *Anticitera e i regoli calcolatori*, Copyright 2006- Giovanni Pastore, Roma, Policoro, Italy.

[3] G. PASTORE, *Antikythera Calculator Advances Modern Science of Nineteenth Centuries*, Invited Lecture - Greifswalder Symposium for the development of computing technology and

International meeting for slide rule and calculating machine collecting tank, IM2006, Sept.2006.

[4] A. P. USHER, *A History of Mechanical Inventions* – Dover Publ. Inc NY, 1982. ISBN-0-486-25593-X

[5] F. RUSSO, F. RUSSO, *79 A.D. Course for Pompei* – Allied Maritime Component Command, Naples - Napoli 2006, ISBN-88-88419-56-X

[6] F. RUSSO, F. RUSSO, *Indagine sulle Forche Caudine* – Rivista Militare, Roma 2006, ISSN-0035-6980.

[7] F. RUSSO, F. RUSSO, *Tormenta Navalìa* – Supplemento alla Rivista Marittima n.6 giugno 2007.

[8] V. MARCHIS, *Storia delle macchine* – Laterza, 1994, ISBN-88-420-4417-2

[8] S. G. LOFFI, *Piccola Storia dell'Idraulica, libera traduzione, ridotta ma integrata, di "History of Hydraulics"* di Hunter Rose e Simon Ince dell'Istituto di Ricerca Idraulica dell'Università Statale dell'IOWA – U.S.A., edita, nel 1954, come supplemento, su "LA HOUILLE BLANCHE"

[10] AA.VV., "Enciclopedia Italiana" – Istituto Giovanni Treccani, 1929 e segg.

[11] Enciclopedia della Scienza e della tecnica – Mondadori-McGraw Hill, 1965.

[12] C. ROSSI, "Una breve rassegna sugli automi: la meccanica che ha preceduto i robot." – Atti del 1° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria. – Napoli, 8-9 marzo 2006, pp.715-727.

[13] C. ROSSI, M. CIGOLA, M. CECCARELLI, *Alcune tappe verso l'automazione* - Atti del 2° Convegno

Nazionale di Storia dell'Ingegneria. –  
Napoli, 7-9 aprile 2008

Informazioni ed immagini interessanti  
(alcune delle quali riportate nel testo)  
possono essere trovate nei siti Internet  
che seguono:

[I] [www.systems.tuc.gr/ieeecss/  
Heron\\_of\\_Alexandria.pdf](http://www.systems.tuc.gr/ieeecss/Heron_of_Alexandria.pdf)

[II] [http://www.etl.uom.gr/mr/  
index.php?mypage=antikythera](http://www.etl.uom.gr/mr/index.php?mypage=antikythera)

[III] [http://en.wikipedia.org/wiki/  
Antikythera\\_mechanism](http://en.wikipedia.org/wiki/Antikythera_mechanism)

[IV] [http://www.mlahanas.de/Greeks/  
HeronAlexandria.htm](http://www.mlahanas.de/Greeks/HeronAlexandria.htm)

[V] [www.geocities.com/Athens/  
Acropolis/6914/ero.htm](http://www.geocities.com/Athens/Acropolis/6914/ero.htm)

[VI] [www.history.rochester.edu/steam/  
hero/index.html](http://www.history.rochester.edu/steam/hero/index.html)

[VII] [www.control.uni-paderborn.de/  
heron.html](http://www.control.uni-paderborn.de/heron.html)

[VIII] [www.z-kat.com/company/adv  
research/leonardo.shtml](http://www.z-kat.com/company/advresearch/leonardo.shtml)

[www.gimpnet.com/adn/ngallery/  
automat2.html](http://www.gimpnet.com/adn/ngallery/automat2.html)

[IX] [http://www.rcvr.org/scuole/negrar/  
media/lavori/archimed/archimed.htm](http://www.rcvr.org/scuole/negrar/media/lavori/archimed/archimed.htm)

[X] [http://www.mlahanas.de/Greeks/  
HeronAlexandria2.htm](http://www.mlahanas.de/Greeks/HeronAlexandria2.htm)

[XI] [http://www.marina.difesa.it/edito-  
ria/rivista/rivista/2004/febbraio/  
febbraio.asp](http://www.marina.difesa.it/editoria/rivista/rivista/2004/febbraio/febbraio.asp)

[XII] [http://www.racine.ra.it/ungaretti/  
archeoinweb/tessitura.htm](http://www.racine.ra.it/ungaretti/archeoinweb/tessitura.htm)

[XIII] [http://inventors.about.com/library/  
weekly/aa071401a.htm](http://inventors.about.com/library/weekly/aa071401a.htm)

[XIV] [http://www.the-romans.co.uk/  
calendar.htm](http://www.the-romans.co.uk/calendar.htm)

[XV] [http://www.crystalinks.com/  
clocks.html](http://www.crystalinks.com/clocks.html)

[XVI] [http://hp-gramatke.net/pmm\\_  
physics/english/page0450.htm](http://hp-gramatke.net/pmm_physics/english/page0450.htm)

