Una digressione: le macchine astronomiche

Daniele Marini

Dipartimento di Informatica e Comunicazione

L'Astrario di Giovanni de Dondi

- L'astronomia è uno dei saperi fondamentali del medio evo
- Se sappiamo misurare il tempo possiamo anche prevedere il moto degli astri
- Giovanni de Dondi (1330-1388) era figlio di Jacopo, il costruttore di uno dei primi orologi pubblici d'Europa, collocato sulla torre della reggia di Carrara, ma rimasto distrutto da un incendio verso la fine del Trecento.
- Professore di logica, matematica, astronomia e astrologia all'università di Padova

L’astrario del Dondi

- Qualcuno lo considera il primo computer analogico, capace di calcolare la posizione degli astri

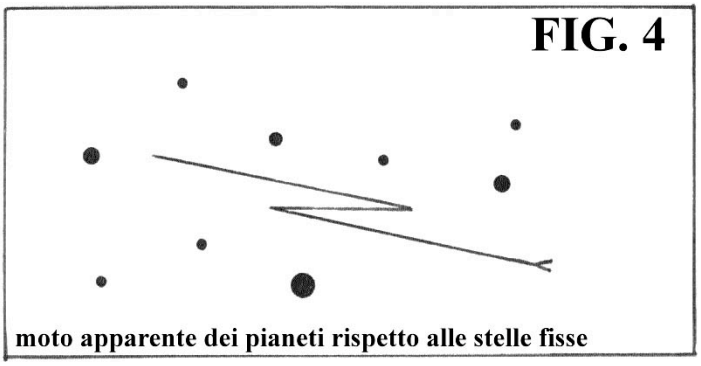
Autore Carlo G. Croce
http://www.clockmaker.it/37introduzione.htm

L’astrario

- Lo strumento indica la posizione del Sole, della Luna, di Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno rispetto alla terra.
- L'idea base è molto semplice: l'orologio muove un quadrante (che compie un giro in un giorno) il quale a sua volta muove una ruota (che compie un giro in un anno) che a sua volta impartisce un movimento (tramite una serie di ingranaggi) contemporaneamente a tutti gli indici che rappresentano la posizione degli astri.

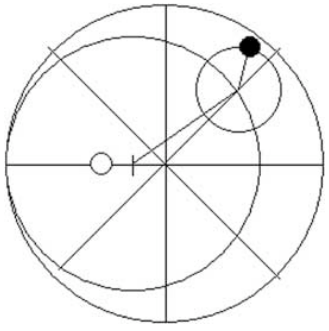
Il movimento apparente

- Il problema nasce per gli astri che compiono un movimento apparente *retrogado*



L'epiciclo

- Nel modello tolemaico i pianeti si muovono su orbite circolari, il cui centro a sua volta si muove lungo un'orbita circolare con al centro la Terra (in effetti il centro è spostato rispetto alla terra)



Ingranaggi epiciclici

- La soluzione del Dondi è di creare ingranaggi il cui centro scorre lungo un giunto rettilineo, e che ruotano quindi come un epiciclo:

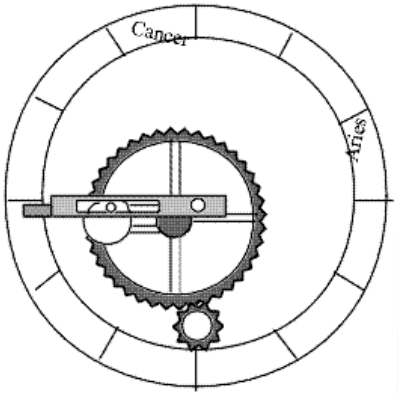


Figura 10

Ma non è stato il primo!

- Ben prima del Dondi altri scienziati e artigiani avevano realizzato macchine astronomiche
- Già nell'800 d.C. gli arabi avevano conoscenze astronomiche avanzate
- Gli astrolabi indicano la posizione degli astri con quadranti suddivisi, non hanno ingranaggi ma si regolano a mano

Una scoperta nel 1901

- Pescatori di spugne nell'isola di Antikythera scoprono un relitto
- Tra i ritrovamenti una sorta di scatola con ingranaggi corrosi dall'acqua

Cos'è il marchingegno?

- Dopo approfondite analisi, è stata determinata la data di fabbricazione, la funzione, la struttura dello strano oggetto
- Sono rimasti circa 20 ingranaggi, alcuni molto sofisticati, montati in modo eccentrico, che ruotano con movimento epiclico e differenziale

Ingranaggi e antichi greci

- Gli ingranaggi erano certamente noti:
  - per far funzionare macchine (pompe) per modificare la velocità angolare o la direzione di una rotazione
- Esisteva il *taximetro* per misurare la distanza percorsa da un carro, usando un ingranaggo e una ruota senza fine
- Non c'erano evidenze di un uso astronomico o di precisione

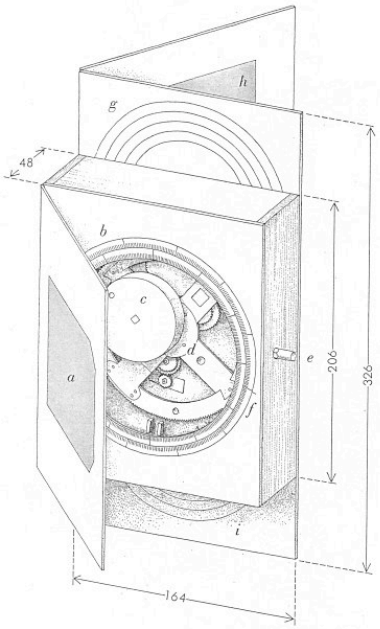
A quando risale?

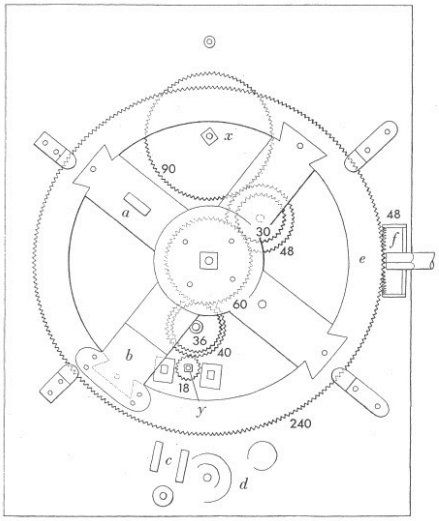
- Dall'analisi degli altri reperti una prima datazione porta al 65 a C. +/- 15 anni
- L'analisi del reperto ha mostrato iscrizioni tra cui parte di un calendario astronomico simile a quello di un tale Geminos, vissuto a Rodi intorno al 77 a C.

Cosa è?

- Ci sono 4 modi per scoprirlo
  - Cercando di capire in dettaglio il meccanismo
  - Cercando di leggere i quadranti, per capire cosa indicavano
  - Cercando di capire le iscrizioni
  - Cercando se esiste qualche altro oggetto simile
- Identificazione di un sistema o *reverse engineering!*

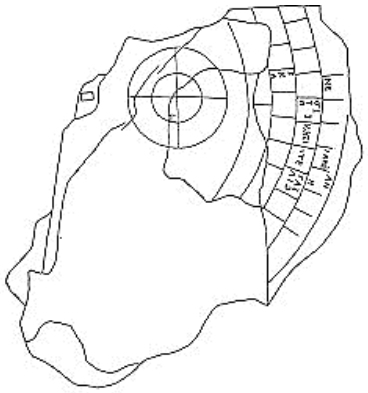
La ricostruzione di Derek J. De Solla Price, 1959

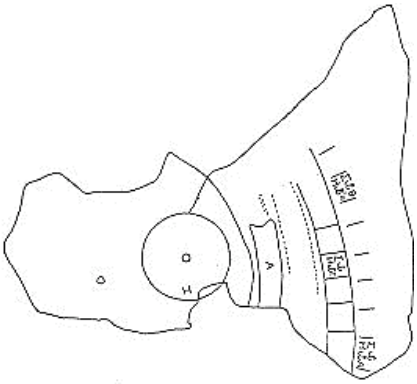




I quadranti

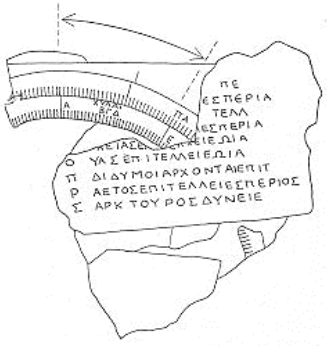
- Su un quadrante sono indicati i fenomeni astronomici principali (posizione della luna, del sole etc.)
- L'errore nelle scale graduate circolari è circa di 1/4 di grado
- Un cerchio esterno può essere ruotato rispetto a quello più interno per aggiustare la differenza tra la data indicata e quella siderale





La datazione

- Le due scale graduate (scala dei mesi mobile e scala dello zodiaco fissa) sono fuori fase di 13.5 gradi; le tabelle astronomiche standard indicano che questo errore corrisponde all'anno 80 a C. oppure un anno che dista 120 anni da quello
- Quindi il cerchio di sincronizzazione è stato disposto nell'80.
- C'è poi un segno di riferimento a 0.5 gradi dalla posizione presente, forse un promemoria in caso di spostamento involontario
- Questo indica che il riferimento fiduciario è stato predisposto 2 anni prima, quindi la data è 82 a C.



Anno egizio

- Il dispositivo era predisposto secondo il conteggio dell'anno egizio, privo di anno bisestile
- Ogni anno si accumula un ritardo di 1/4 di giorno
  - (Ricordate che l'invenzione dell'anno bisestile, risale al 45 a C.)

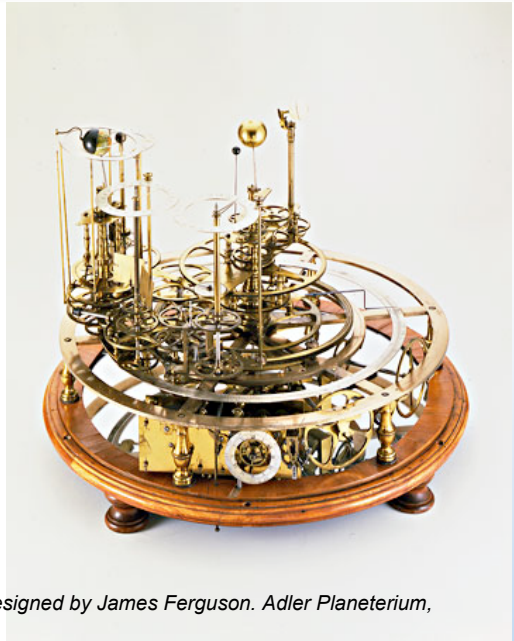
Una ricostruzione recente

Anthykitera

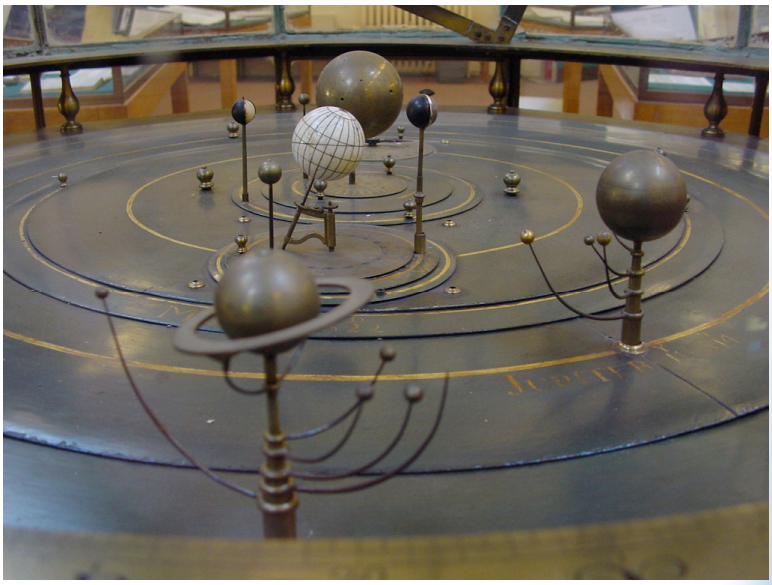
- http://www.ams.org/featurecolumn/archive/kyth1.html
- L'articolo originale di de Solla Price:
  http://www.giant.net.au/users/rupert/kythera/kythera3.htm

Astrari moderni

- Sul modello Copernicano sono stati costruiti nel '700 e nell'800 innumerevoli macchine astronomiche, *orrery* in inglese, *planetari* in italiano
- Più semplici le realizzazioni dei movimenti (approssimati con circonferenze anziché ellissi)
- Un grande uso di ingranaggi!



Orrery designed by James Ferguson. Adler Planeterium, Chicago.

Whipple Science Museum

Il primo planetario moderno (newtoniano) risale a George Graham che diede il modello (o il suo progetto) al fabbricante di strumenti John Rowley di Londra, per farne una copia per il principe Eugenio di Savoia. Rowley ricevette l'ordine per una seconda copia da parte di Charles Boyle, 4° conte di Orrery. Da qui il nome.