

Causalità e Casualità nelle Meccanica Celeste del '900

Andrea Centomo

Liceo Statale “F. Corradini”
di Thiene



Platone e Tolomeo: i moti ordinati

Carissimi amici, per quanto riguarda la luna, il sole e gli astri l'errore sta nel ritenere che essi talvolta devino della loro traiettoria.

Invece, è vero il contrario, e cioè che ciascuno di essi segua sempre, secondo un movimento **circolare**, non diverse traiettorie ma una sola.

(Platone, Leggi VII 822 A)



He Mathematike Syntaxis

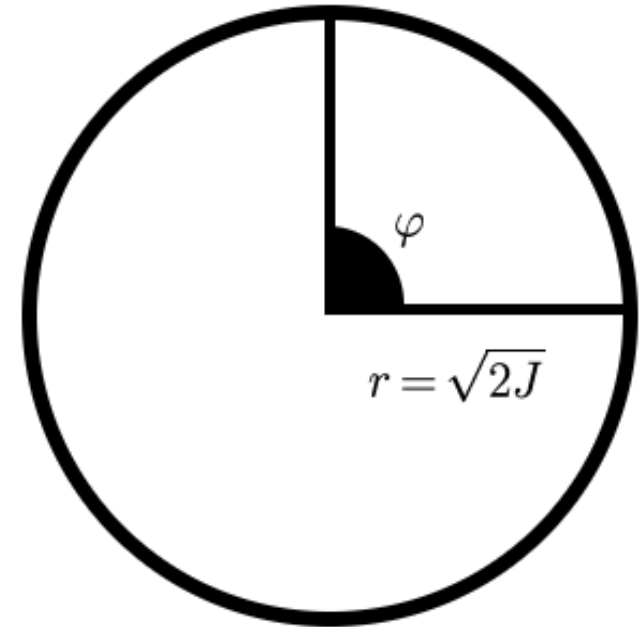
Il Trattato di Matematica

- ▶ Claudio Tolomeo (II secolo d.C.)
- ▶ Modelli cinematici dei corpi celesti
 - ▶ Moti longitudinali
 - ▶ Variazioni in altezza
- ▶ Metodi per il calcolo sperimentale dei parametri
- ▶ Opera scientifica di riferimento per molti secoli

Non vi è traccia di casualità!

Sistemi kepleriani

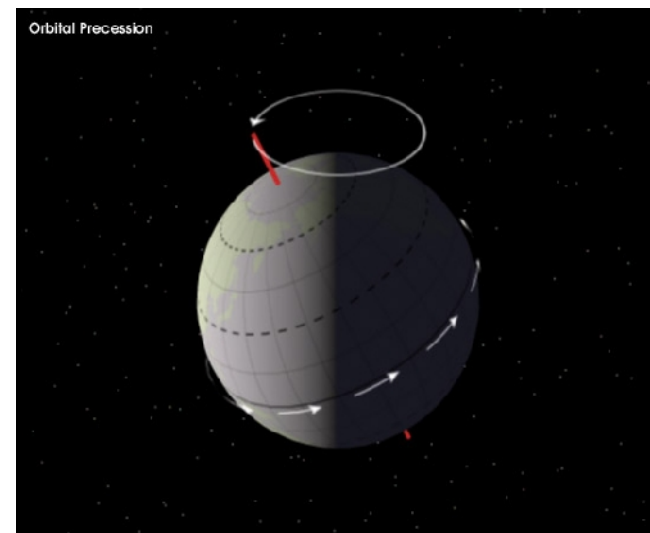
- ▶ Descrizione newtoniana
 - ▶ Forza di gravità
- ▶ Descrizione lagrangiana
 - ▶ Potenziale kepleriano
- ▶ Descrizione hamiltoniana
 - ▶ Variabili **angolo-azione**



Ritornano i moti circolari ... nello spazio delle fasi!

Sistemi Integrabili

- ▶ Moti ordinati
 - ▶ Struttura a ep cicli (spazio delle fasi)
- ▶ Previsione del futuro – Ricostruzione del passato
 - ▶ Incertezza delle condizioni iniziali (Laplace)
- ▶ Teorema di Liouville-Arnold
 - ▶ Trottola (moto di rotazione)
 - ▶ Sistema a due corpi



Duhem, Keplero e Newton

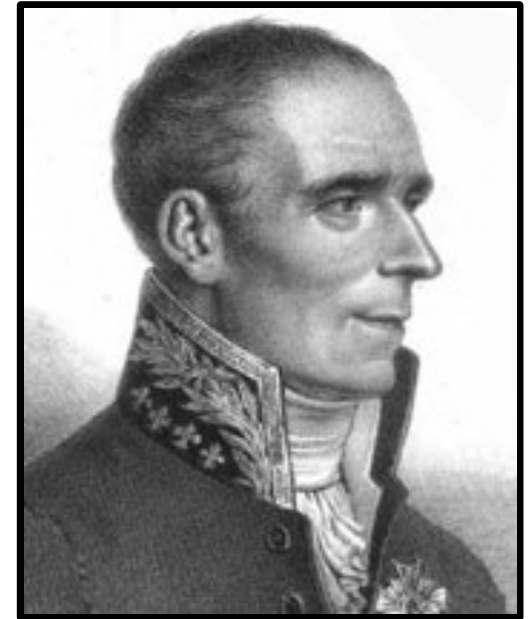
Bien loin, donc, que le principe de la gravité universelle puisse se tirer, par la généralisation et l'induction, des lois d'observation que Képler a formulés, il contredit formellement à ces lois.

Si la théorie de Newton est exacte, les lois de Képler sont nécessairement fausses.

P. Duhem - Théorie Physique

Sistemi perturbati

- ▶ Sono il prototipo dei sistemi “reali”
 - ▶ Sistema integrabile + perturbazione
- ▶ Teoria delle perturbazioni
 - ▶ J. L. Lagrange (1736-1813)
 - ▶ **P.S. Laplace** (1749-1827)
 - ▶ Serie di potenze
- ▶ Scoperta di Nettuno (Settembre 1846)



$$\nabla^2 \psi = 0$$

Henri Poincaré



Se conoscessimo esattamente le leggi della natura e la situazione dell'universo all'istante iniziale, potremmo predire esattamente la situazione di questo stesso universo in un istante successivo.

Ma, quand'anche le leggi naturali non avessero più segreti per noi, non potremmo conoscere la situazione iniziale se non approssimativamente. Se ciò ci permette di prevedere la situazione successiva con la stessa approssimazione, questo è tutto ciò di cui abbiamo bisogno e diciamo che il fenomeno è stato previsto, che è regolato da certe leggi;

ma questo non succede sempre; può succedere infatti che piccole differenze nelle condizioni iniziali ne generino di grandissime nei fenomeni finali; un piccolo errore nelle prime produrrebbe un errore enorme sugli ultimi. La previsione diventa impossibile e noi **siamo di fronte ad un fenomeno fortuito.**
(Scienza e Metodo)

Sistema Solare

- ▶ Moti ordinati
- ▶ Moti caotici (milioni di anni)
 - ▶ Da Mercurio a Marte
 - ▶ inclinazione orbita
 - ▶ eccentricità
 - ▶ Accoppiamento spin-orbita
 - ▶ Terra-Luna (Laskar 1993)
- ▶ Escape di Mercurio

**Ricominciamo dunque a parlare,
ma prima invociamo la divinità
salvatrice, che ci protegga da
un'esposizione stolta e assurda
e ci guidi a un'opinione probabile.**
(Platone - Timeo 48 d)