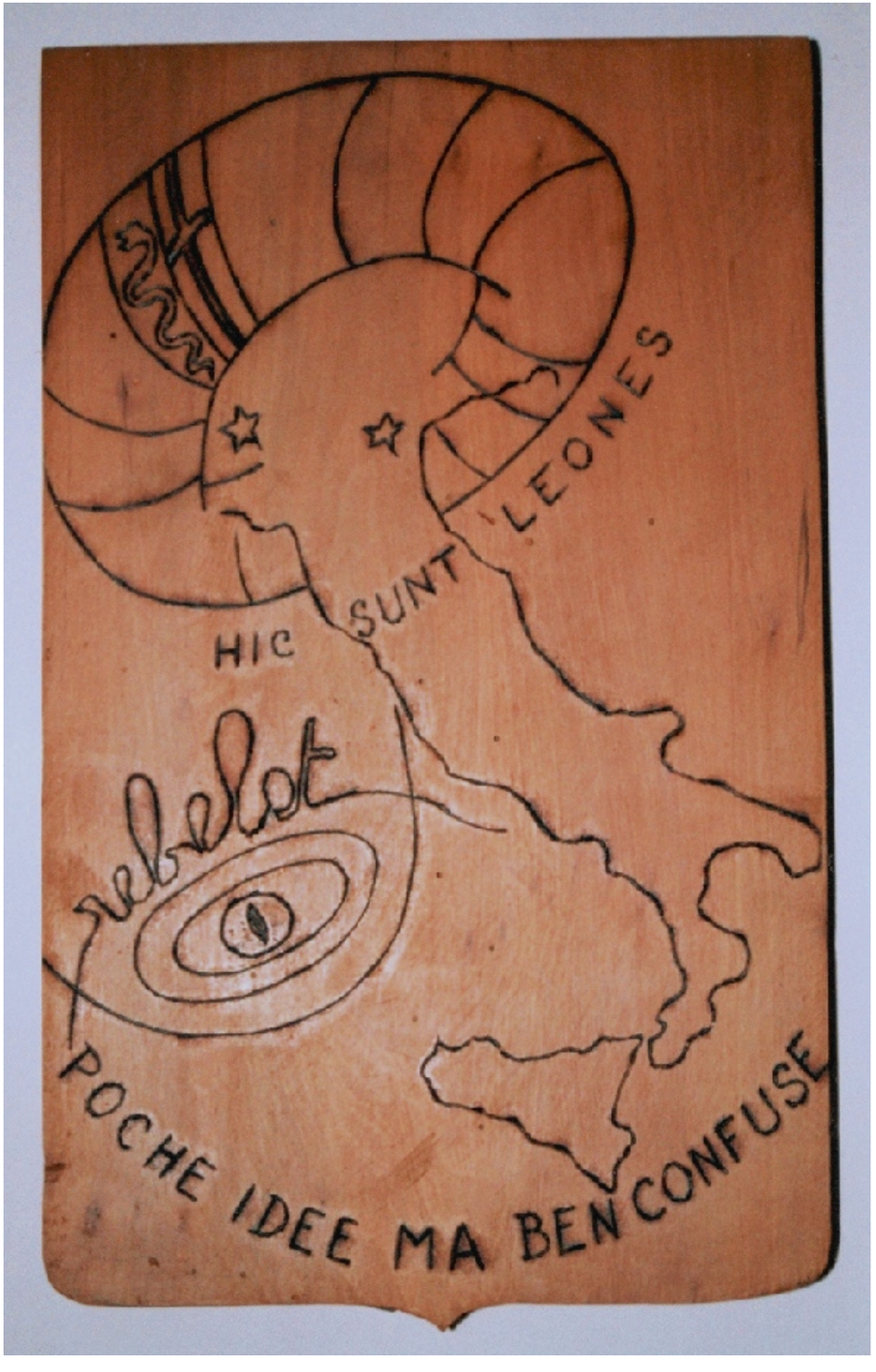


Università della Svizzera Italiana
Lugano
23 ottobre 2026

L'armonia delle sfere, il sussurro del caos.

Antonio Giorgilli

Istituto Lombardo
Accademia di Scienze e Lettere



1. Il caos primordiale

2. L'armonia delle sfere

3. La ricerca dell'ordine

4. Le radici del caos

5. Le risonanze: coesistenza di ordine e caos

6. Il sussurro del caos



La cosmogonia e la teogonia nel mito di Babilonia

« *Quando in alto i cieli non avevano un nome,*
e in basso la terra non era chiamata per nome,
esistevano solo Apsu, il primo, il loro genitore
e la creatrice–Tiamat, che ha partorito tutti:
essi mescolavano le loro acque, fondendole in un tutt'uno,
prima ancora che i prati fossero formati
e gli stessi canneti si potessero individuare,
quando nessuno degli dèi era ancora apparso
o aveva ricevuto il nome e i destini non erano fissati
allora nel loro seno furono creati gli dèi,
Lahmu e Lahamu apparvero e ricevettero il nome. »

Enuma Elish; documenti risalenti al periodo 1000–300 AC.
(G. Pettinato, Mitologia Assiro–Babilonese, Utet, 2013.)

I personaggi:

- **Apsu:** l'Abisso delle Acque Dolci.
- **Tiamat:** l'oceano delle acque salate.
- **Lahmu:** il Signore delle Stelle, personificazione dello zodiaco
- **Lahamu:** sorella di Lahmu; formano la coppia delle divinità primordiali da cui nascono gli altri dèi.



La Teogonia di Esiodo

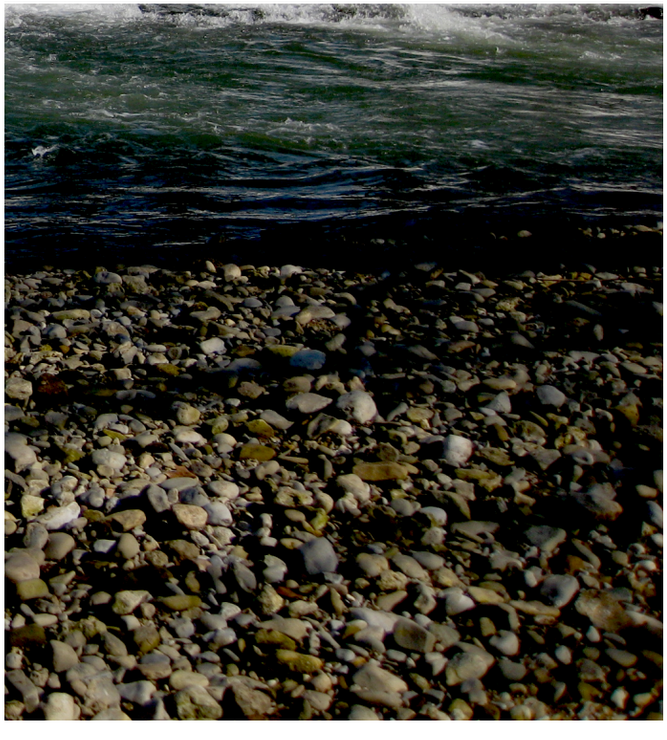
« *Per primo dunque fu Chaos, e poi*
Gaia dall'ampio petto, sede perenne e sicura per tutti
gli immortali che possiedono la vetta nevosa dell'Olimpo,
e Tartaro nebbioso nei recessi della terra dagli ampi spazi;
poi Eros, il più bello fra gli immortali,
che scioglie le membra, e a tutti gli dèi e a tutti gli uomini
sconvolge nel petto il cuore e i prudenti consigli.
Da Chaos nacquero Erebo tenebroso e la nera Nyx.
Da Nyx poi nacquero Etere ed Eméra:
unitasi in amore con Erebo, li concepì.
Gaia partorì per primo, a lei simile, Urano stellato
che tutta l'avvolgesse, che fosse ai beati sede salda per sempre; . . .
in seguito, giacendo con Urano, generò Oceano dai gorghi profondi . . .
Per ultimo, nacque Kronos dai torti pensieri
il più temibile tra i figli, che arse d'ira tremenda contro il padre. »

Esiodo, Teogonia, datata intorno al 700 AC.

I personaggi:

- **Chaos:** spazio vuoto, o voragine, all'origine del mondo; da qui provengono **Erebo**, la tenebra, e **Nyx**, la Notte.
- **Gaia:** la Terra, che genera **Urano**, il cielo stellato; dall'unione di Gaia con Urano nascono altri personaggi mitici, tra cui **Kronos**.
- **Tartaro:** un luogo che sta sotto la terra, ove Zeus imprigionò i Titani.
- **Eros:** il dio dell'attrazione reciproca e dell'amore, principio di unione e armonia.
- **Etere:** il cielo più alto, luminoso; figlio di Erebo e Nyx, e fratello di **Eméra**, il Giorno.

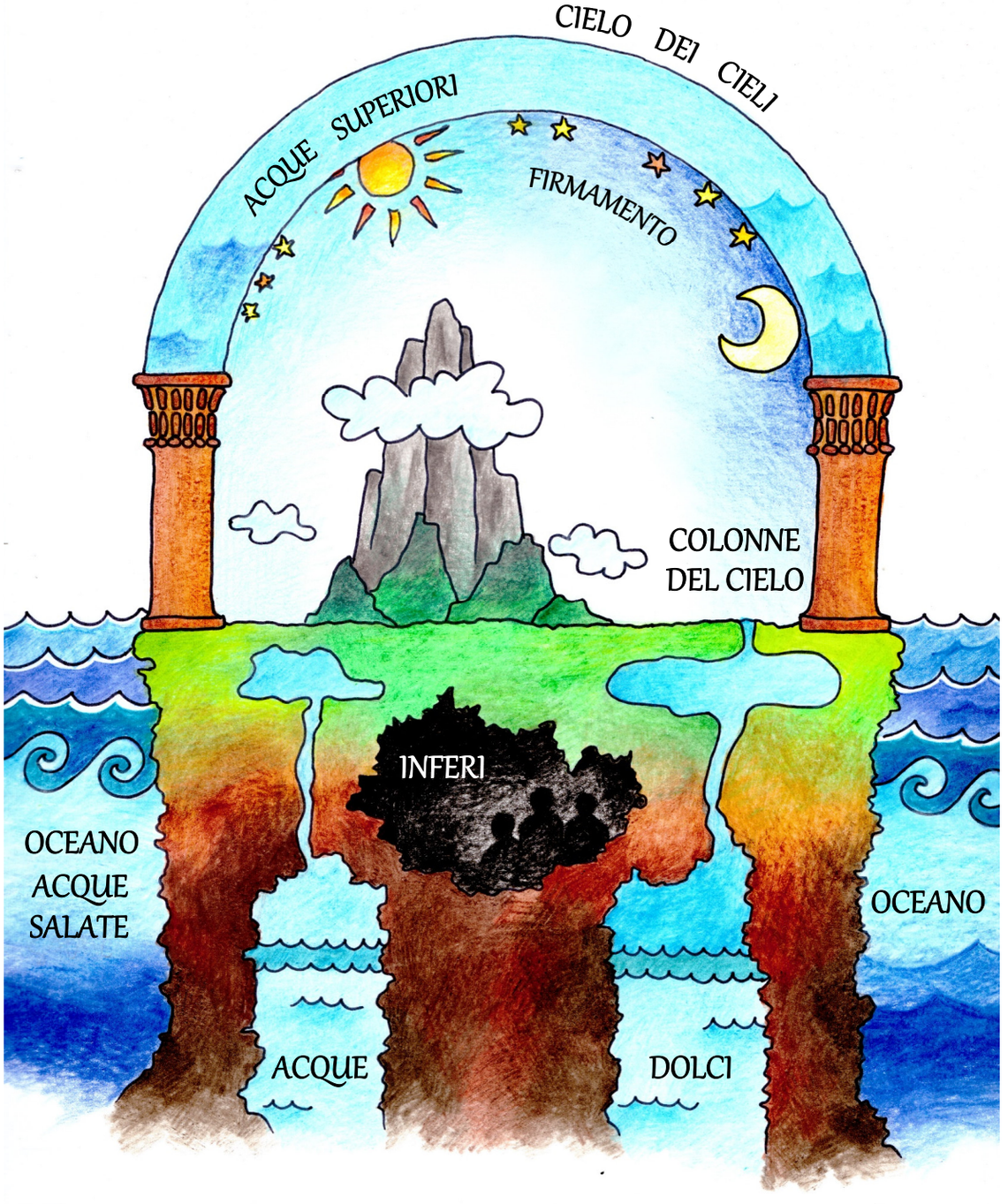




La creazione nella Genesi

« *Quando Dio cominciò a creare il cielo e la terra,*
mentre la terra era vacua e vuota,
la tenebra era al di sopra dell'abisso,
e l'alito di Dio aleggiava sulle acque.
Dio disse: 'Sia luce!'. E luce fu.
Dio vide che la luce era buona e separò la luce dalla tenebra.
Dio chiamò "giorno" la luce,
mentre "notte" chiamò la tenebra. »

Genesi, 1, 1–5.



L'alba dell'astronomia

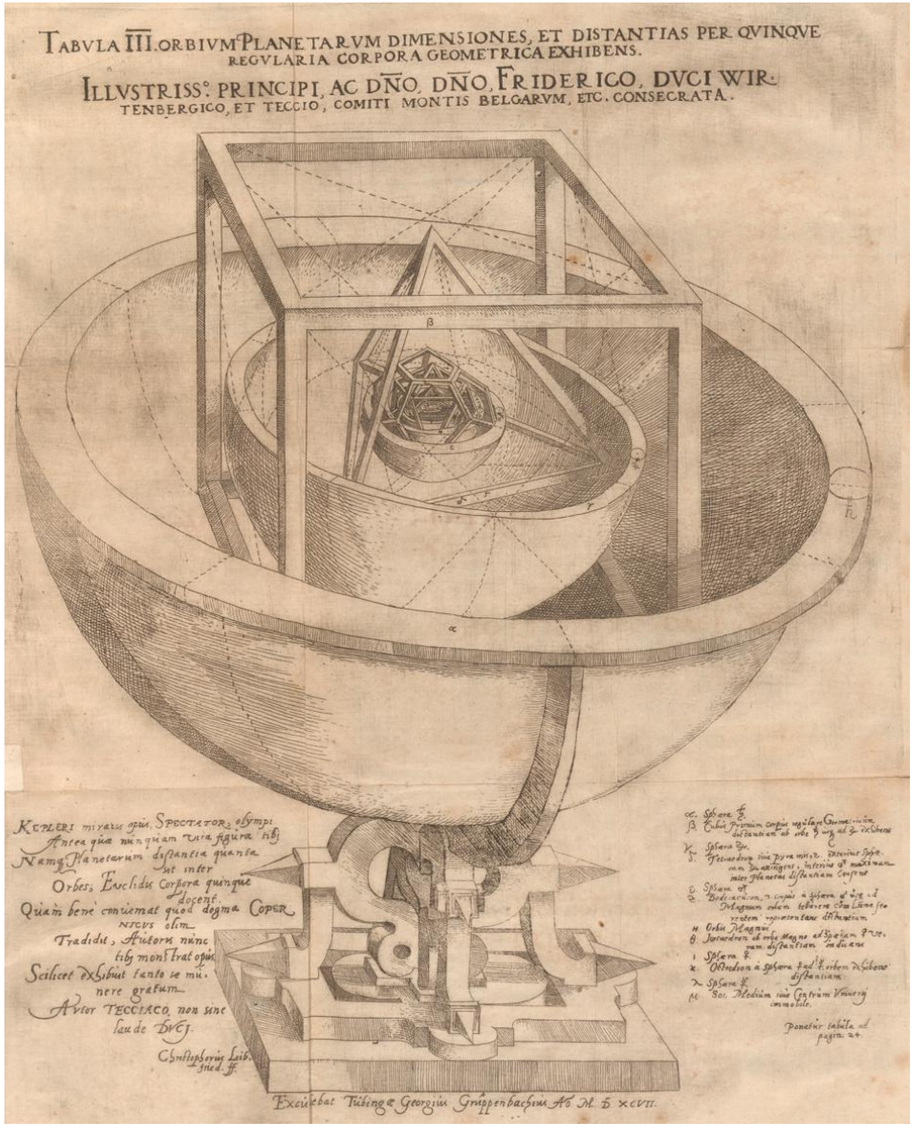
Il modello ingenuo del cosmo.

- La terra come un disco che appoggia su colonne.
- La calotta del firmamento che separa le acque di sopra da quelle di sotto.
- L'oceano che circonda la terra e le acque dolci sotto il suolo.
- I due astri principali: Sole e Luna

La scoperta dei periodi e i primi calendari.

- Il moto diurno del Sole e della Luna: giorno e notte
- Le fasi della luna: il mese dei calendari lunari.
- Il moto annuo del Sole: il calendario solare.
- La ricerca di un compromesso tra i due calendari.
- L'eclittica, lo zodiaco, i periodi delle eclissi.

(Disegno di Elena Giorgilli.)



1. **Il caos primordiale**

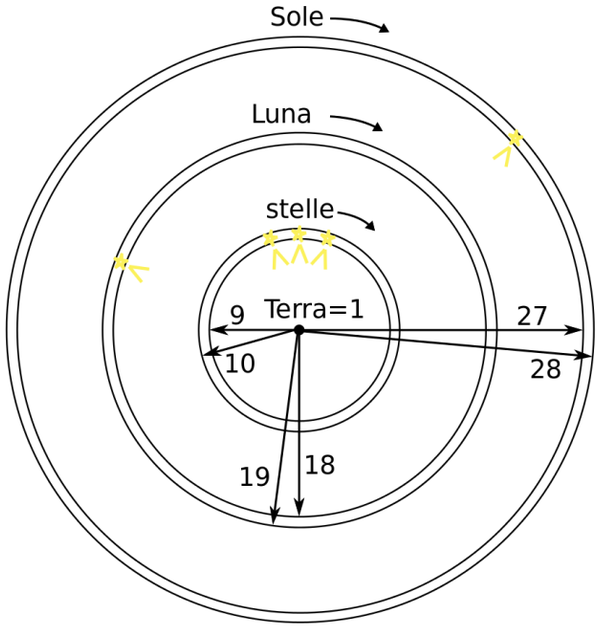
2. L'armonia delle sfere

3. **La ricerca dell'ordine**

4. **Le radici del caos**

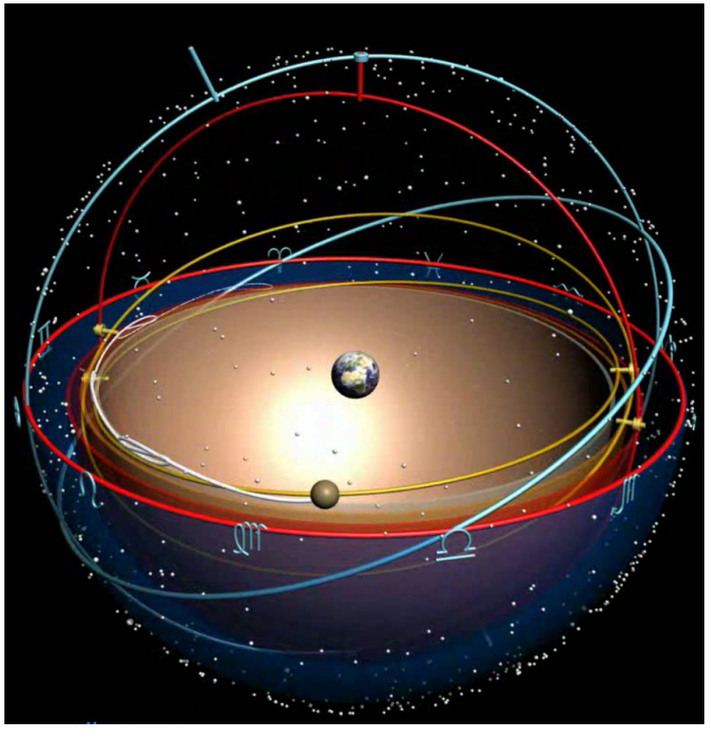
5. **Le risonanze: coesistenza di ordine e caos**

6. **Il sussurro del caos**



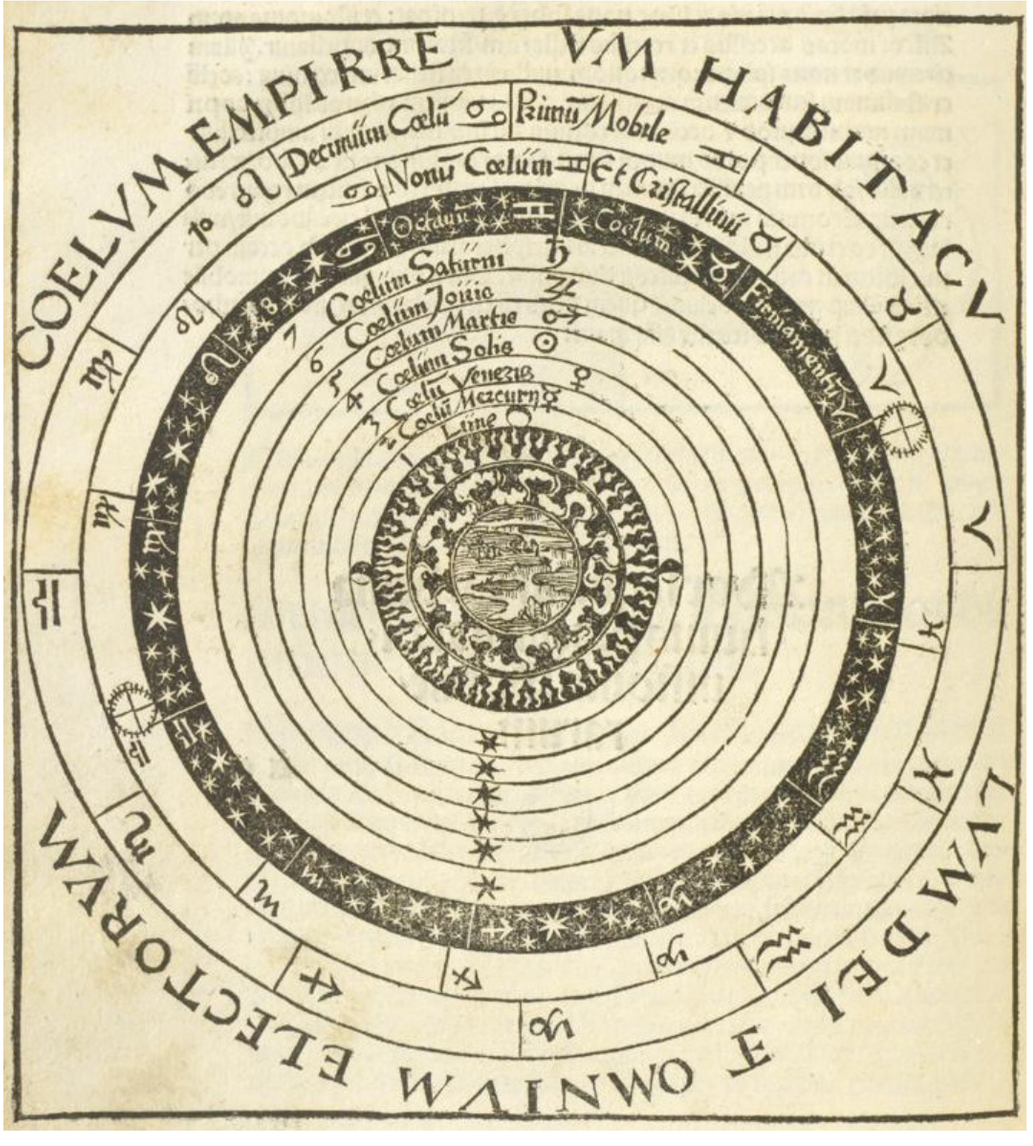
L'astronomia greca

- Anassimandro (619–546 aC): il cielo circonda la Terra;
  - la sfera delle stelle fisse;
  - le ruote della Luna e del Sole: piene di fuoco, con due aperture da cui esce la luce;
  - la terra è un cilindro che galleggia nello spazio, al centro delle sfere.



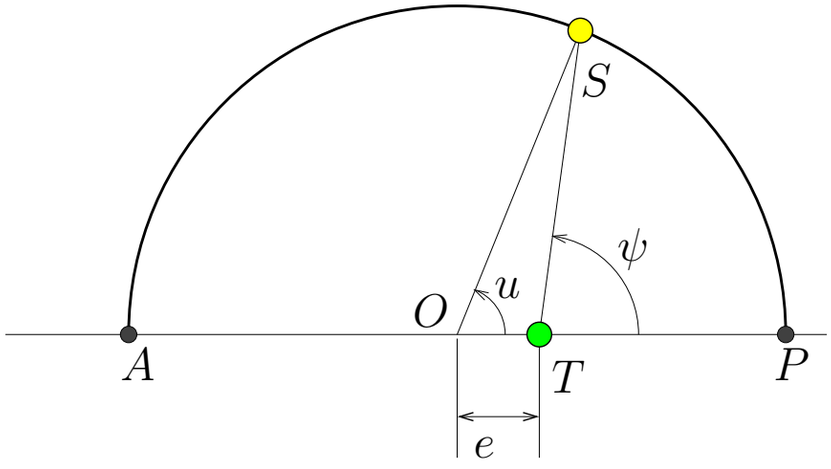
- Le sfere di Eudosso (408–355 aC).
  - Un sistema meccanico di sfere concentriche che ruotano una dentro l'altra.
  - Spiega i movimenti di oscillazione in latitudine, e soprattutto
  - Spiega i moti retrogradi dei pianeti.

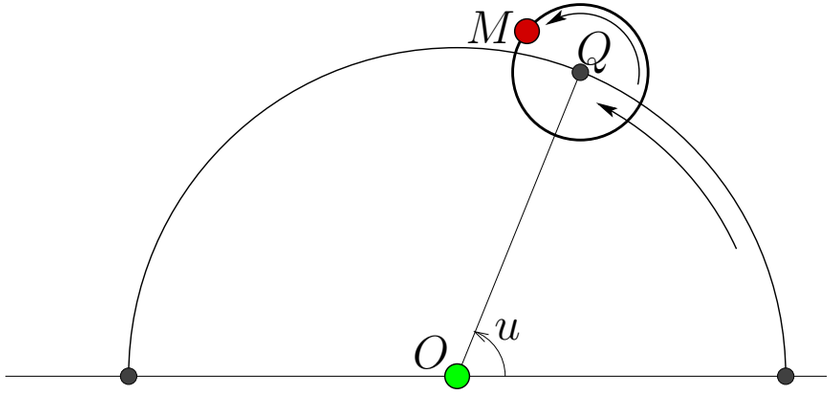
- Il modello di Aristotele (384–322 aC).
  - I due moti perfetti: circolare e rettilineo.
  - Il moto circolare compete ai corpi celesti.
  - Il moto rettilineo compete agli elementi terrestri: terra, acqua, aria, fuoco.
  - Il moto lungo la verticale tende a ristabilire l'ordine: la terra (oggetti pesanti) si muove verso il centro del mondo, o della Terra; il fuoco (il più leggero) si muove verso il cielo della Luna.

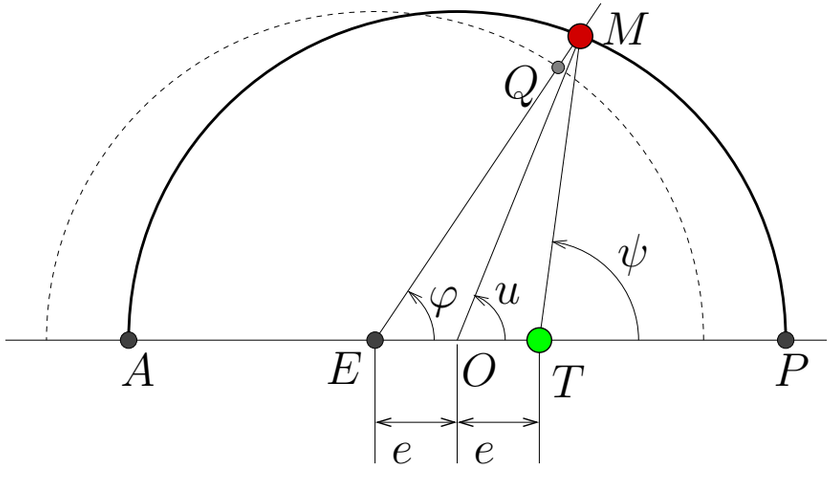


Il cosmo di Tolomeo (90-168 dC)

- Adotta il modello aristotelico delle sfere.
  - La terra è immobile al centro del cosmo.
  - Luna e pianeti sono incastonati su sfere con centro nella Terra, composte da *etere* (il quinto elemento).
- Le sfere sono oggetti materiali, e sono ordinate secondo la loro velocità.
  - La più esterna è il *cielo delle stelle fisse*, che ruota più velocemente di tutte le altre sfere.
  - Verso l'interno seguono, in ordine decrescente di velocità: Saturno, Giove, Marte, Sole, Venere, Mercurio e Luna.







Il filo conduttore di tutta l'astronomia classica:

I moti degli astri sono periodici. Compito dell'Astronomia è calcolare i periodi mediante i dati delle osservazioni, e prevedere i fenomeni futuri.

Strumenti geometrici dell'astronomia greca

- *Eccentrico:* Apollonio (262–190 aC).
  - Giustifica la non uniformità del moto annuo del Sole (e anche dei pianeti).
  - La Terra T è spostata di e (eccentricità) rispetto al centro O dell'orbita.
  - P: perigeo (per il Sole S); A: apogeo.

- *Epiciclo:* Apollonio o Ipparco (190–120 aC).
  - Giustifica il moto retrogrado dei pianeti.
  - Il pianeta (M per Marte, ad esempio) si muove su un cerchio (epiciclo) il cui centro Q si muove a sua volta su un cerchio (deferente).

- *Equante:* Tolomeo (90–168 dC), o forse Ipparco.
  - L'eccentrico non basta: c'è una non uniformità residua.
  - Il punto Q ruota uniformemente rispetto al punto equante E, sul cerchio tratteggiato.
  - L'angolo con vertice nel punto equante E evolve uniformemente.
  - Il pianeta M si trova sull'intersezione della retta EQ con l'orbita.

Il sistema eliocentrico di Copernico (1473–1543)

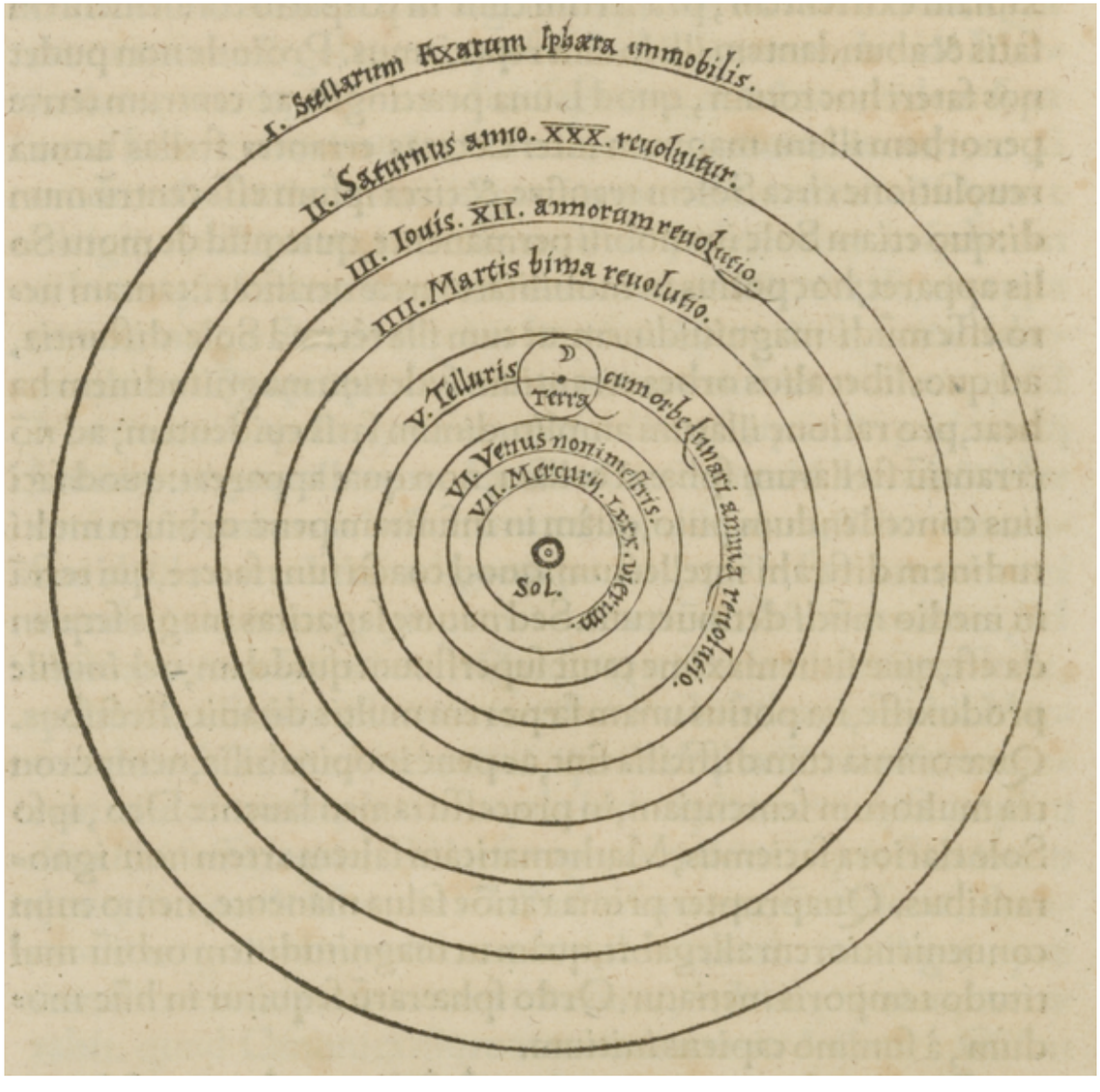
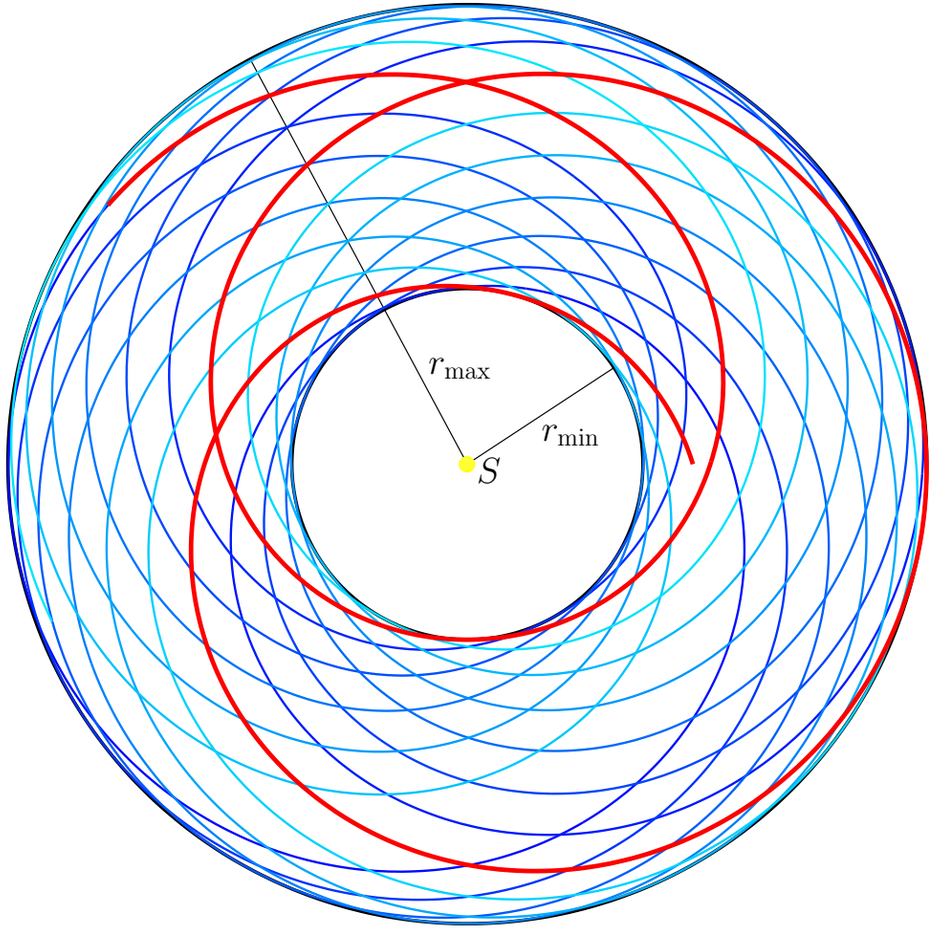


Figura da: *De revolutionibus orbium cœlestium*.

- L'ordine delle sfere
  - Mantiene le sfere come oggetti materiali, ma non sono più omocentriche.
  - Il Sole resta fisso in prossimità dei centri delle sfere: *Sole medio*.
  - Il cielo delle stelle fisse è fermo, ed è la sfera più esterna.
  - Le sfere dei pianeti sono collocate, procedendo verso l'interno, in ordine *crescente* di velocità: Saturno, Giove, Marte, Terra con la Luna, Venere, Mercurio.

- I moti della Terra:
  - *Rotazione:* la vediamo come moto diurno delle Stelle e del Sole.
  - *Rivoluzione:* la vediamo come moto annuo del Sole, e spiega anche i moti retrogradi dei pianeti.
  - *Declinazione:* moto conico dell'asse, quasi sincrono alla rivoluzione; spiega le stagioni.



1. **Il caos primordiale**

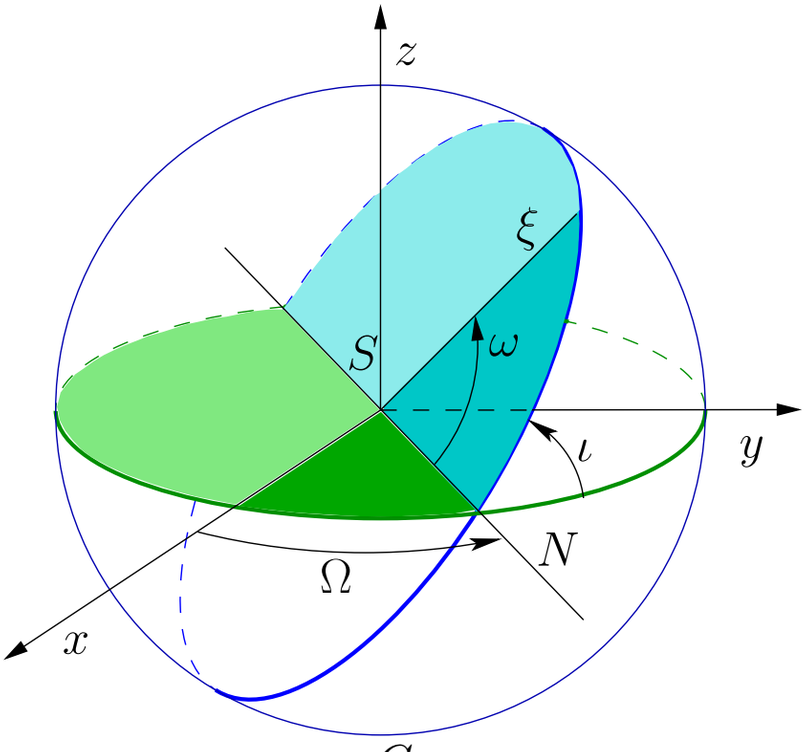
2. **L'armonia delle sfere**

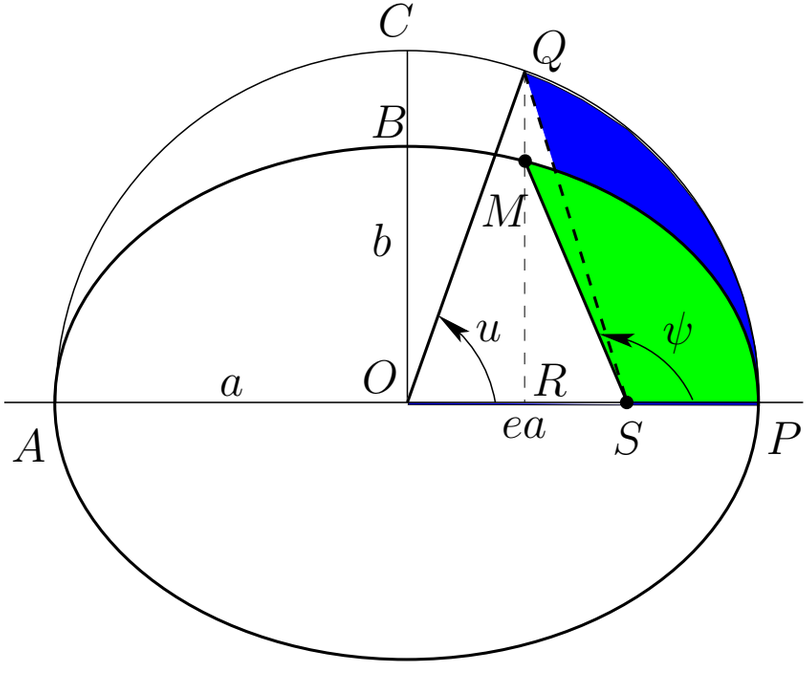
3. La ricerca dell'ordine

4. **Le radici del caos**

5. **Le risonanze: coesistenza di ordine e caos**

6. **Il sussurro del caos**





Le leggi di Keplero (1571–1630)

- Il sogno di Keplero:

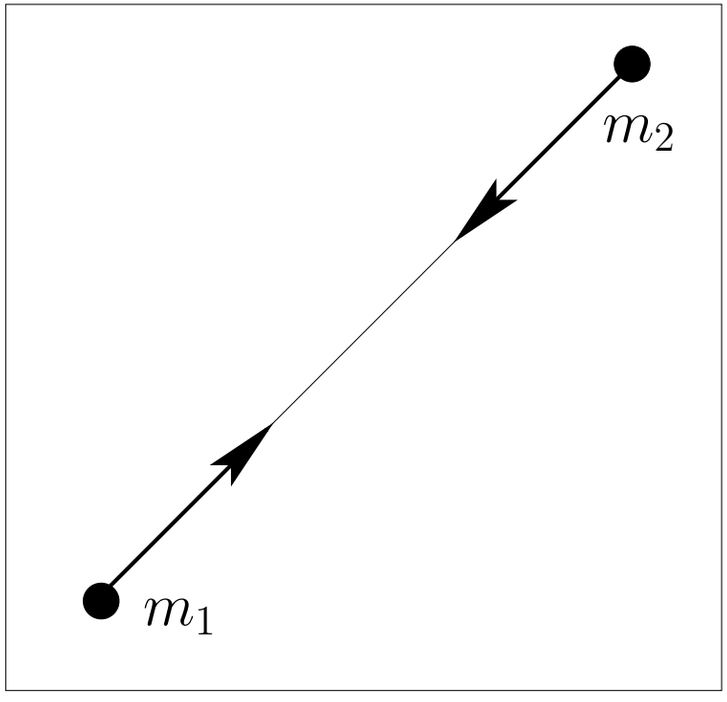
Svelare la perfezione del Piano Divino della Creazione del mondo.

  - Cerca una causa fisica che giustifichi i moti dei pianeti: non si accontenta di una descrizione puramente geometrica.
  - Gli epicicli e gli equanti sono strumenti puramenti geometrici, privi di giustificazione fisica.

- Le tre leggi:
  - *L'orbita del pianeta è piana, e ha la forma di un'ellisse di cui il Sole occupa uno dei fuochi.*
    L'ellisse sostituisce i cerchi, e spiega l'eccentricità.
  - *Il raggio che congiunge il Sole col Pianeta spazza aree eguali in tempi eguali:*
    La causa del movimento risiede nel Sole.
  - *I quadrati dei periodi di rivoluzione sono proporzionali ai cubi dei semiassi maggiori delle orbite.*
    Il Sistema Solare obbedisce a un progetto architettonico unitario.

- L'entusiasmo di Keplero

La perfezione del Piano Divino è stata svelata.

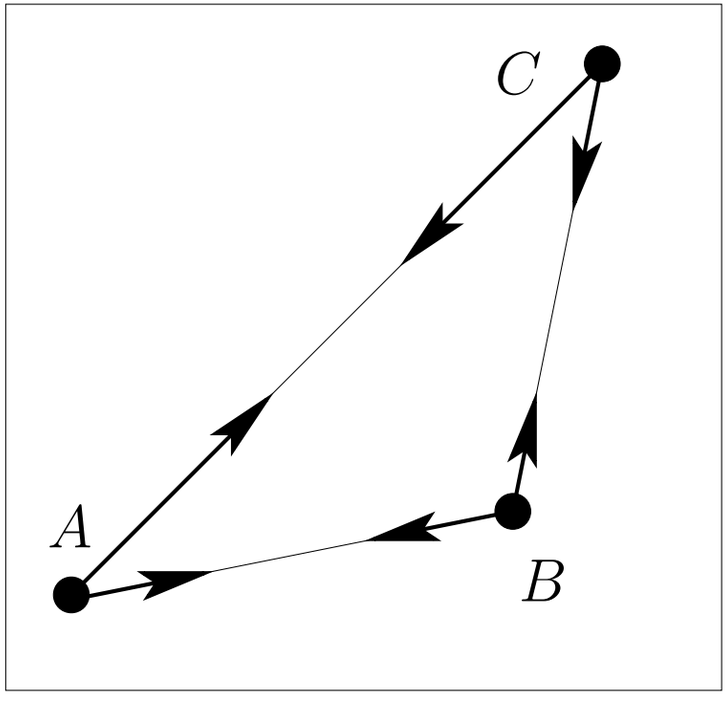


La gravitazione di Newton (1642–1726)

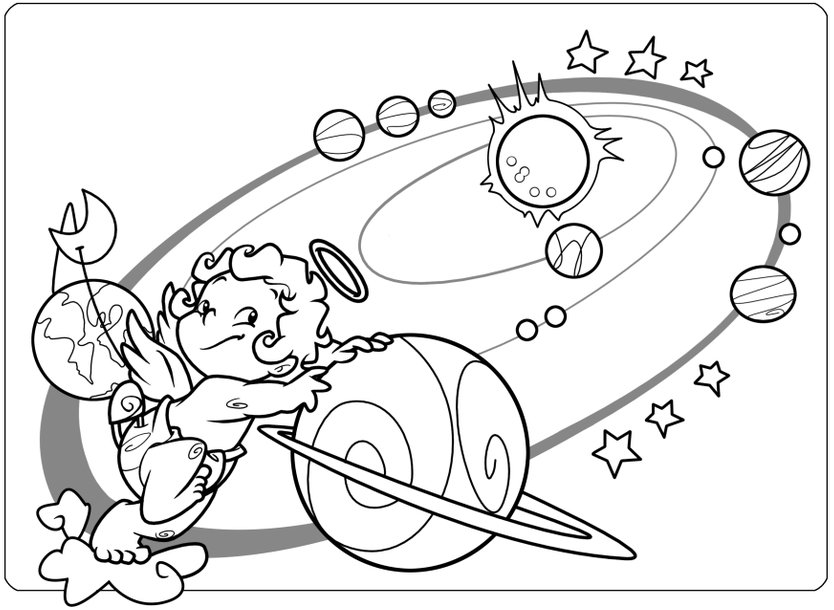
Due masse qualsiasi nello spazio si attraggono con una forza proporzionale al prodotto delle masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza:

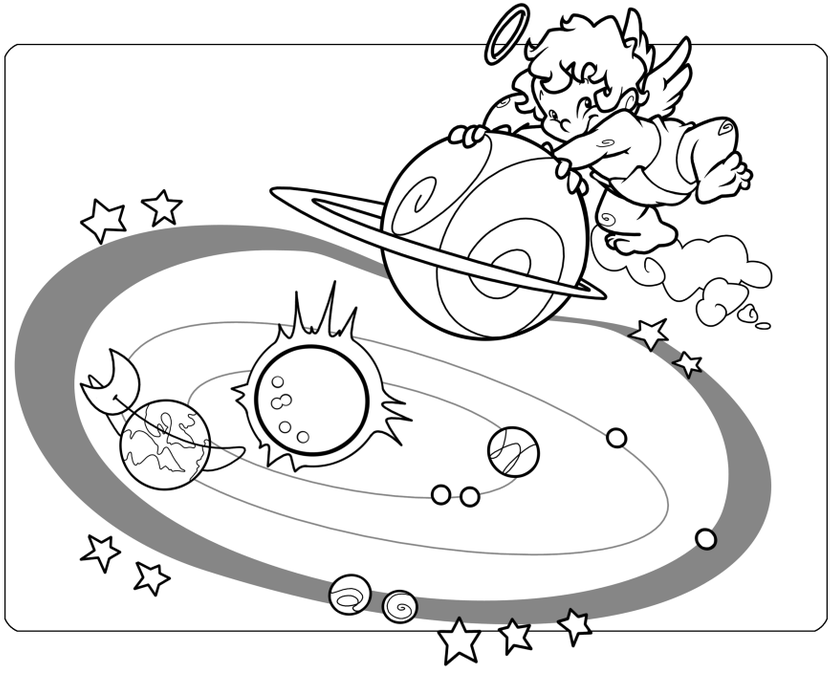
$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \ .$$

- Due corpi: l'orbita è una ellisse, come descritta da Keplero



- Tre o più corpi: il problema è molto più complesso: non si conosce una soluzione generale.
- Esempio: il moto della Luna sotto l'azione sia della Terra che del Sole.



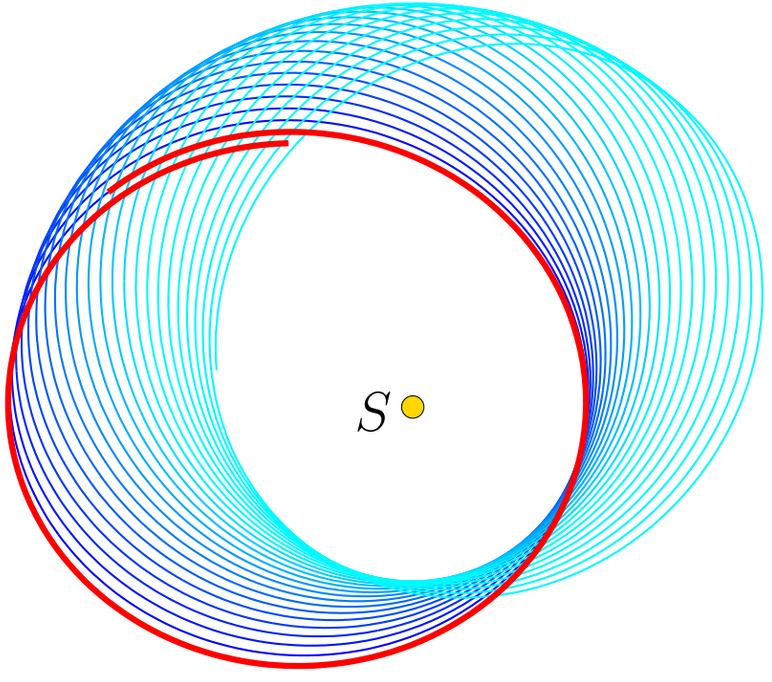


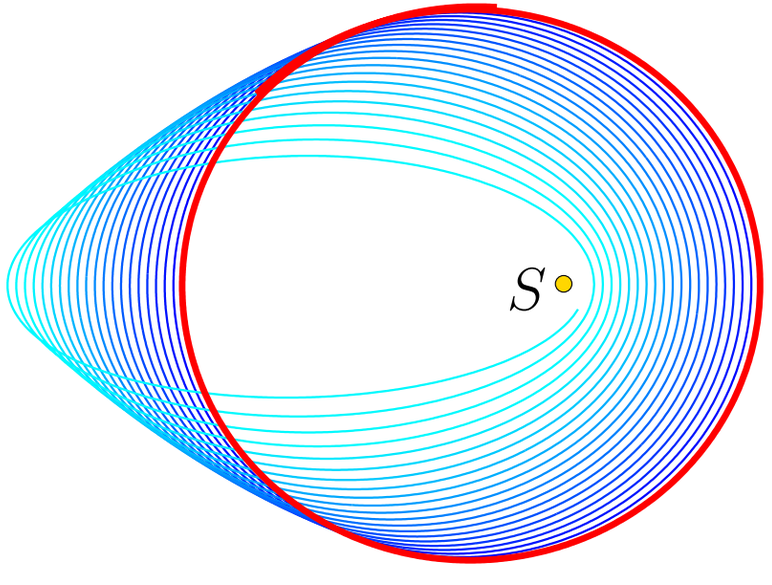
Disegni di Cristina Giorgilli.

Da Keplero a Newton: cosa cambia?

- Keplero:
  - I parametri delle ellissi (semiassi maggiori, eccentricità, &c) sono determinati tramite le osservazioni, e restano costanti nel tempo, . . . ma
  - . . . ci sono ancora delle *ineguaglianze* che Keplero non sa spiegare;
  - ad esempio: Giove sembra accelerare, mentre Saturno sembra rallentare.
  - Per capire queste ineguaglianze occorreranno molti secoli di osservazioni.
- Dopo Newton:
  - Le leggi di Keplero non descrivono solo il moto dei sei pianeti noti: qualunque corpo nello spazio obbedirebbe alle stesse leggi.
  - Oltre alle orbite ellittiche, esistono anche orbite paraboliche e iperboliche (le comete!).
  - Le ineguaglianze sono variazioni lente dei parametri delle orbite, che possono essere dovute a cambiamenti periodici, ma . . .
  - per conoscere i periodi non sono indispensabili le osservazioni:

I periodi si possono **calcolare** *come effetti della gravità.*



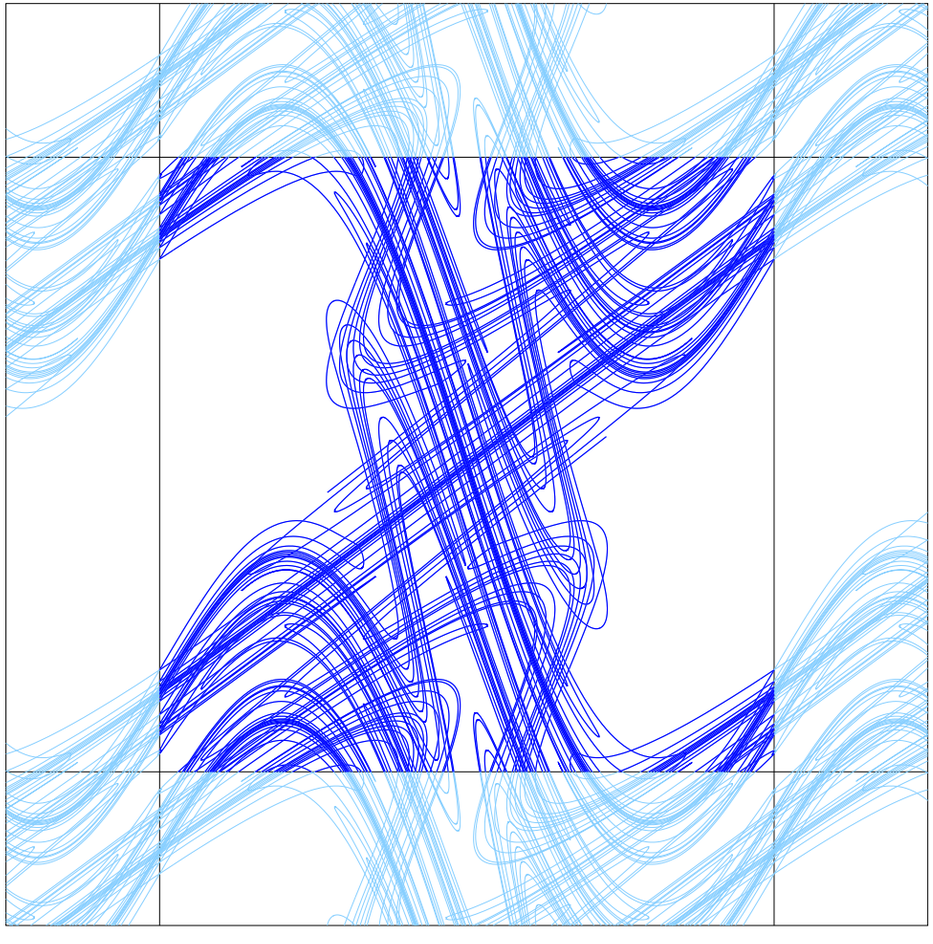


- I risultati principali dell'Astronomia del secolo XVIII
  - La precessione degli equinozi: D'Alembert.
  - La precessione dell'apogeo e del nodo dell'orbita della Luna, e il periodo delle eclissi: D'Alembert, Clairaut.
  - Le precessioni secolari dei perieli e dei nodi: Lagrange, Laplace.
  - . . . prosegue per tutto il secolo XIX, e oltre . . .

- Il Sistema Solare è stabile?
  - La precessione del perielio è innocua.
  - Una variazione sistematica dell'eccentricità avrebbe conseguenze drammatiche: non potrebbe esistere la vita sulla Terra.
  - Cambiamenti sistematici dei semiassi maggiori avrebbero conseguenze altrettato drammatiche: espulsione o caduta sul Sole, collisioni tra pianeti &c.

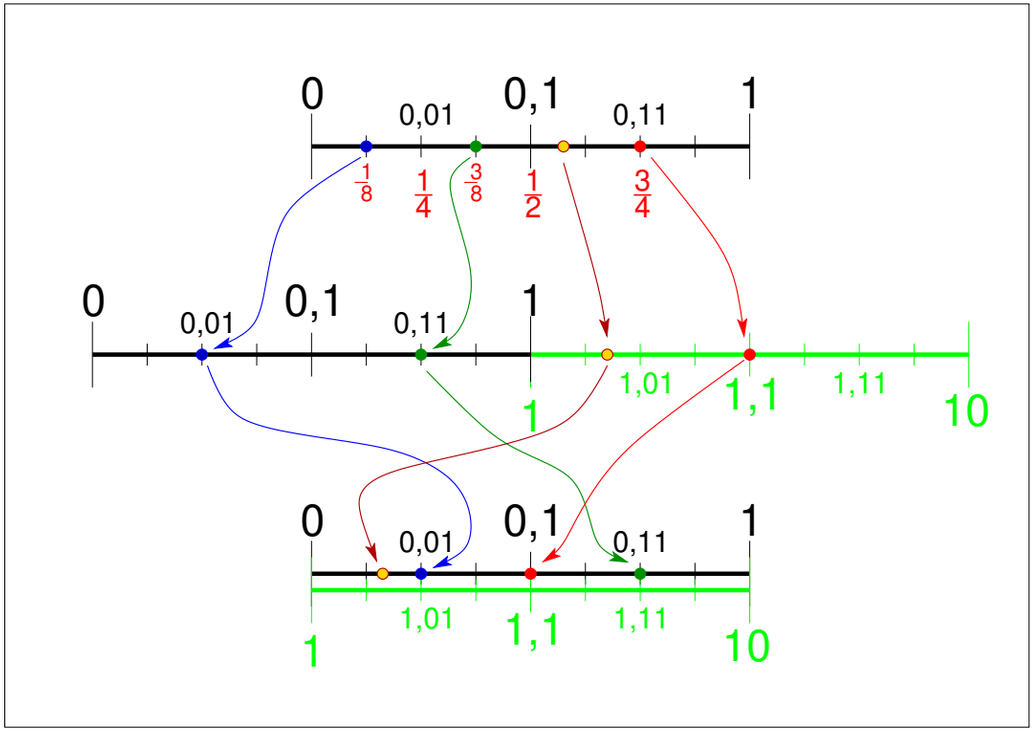
- Il filo conduttore resta quello dell'Astronomia Classica:

  Descrivere il moto planetario come combinazione di moti periodici.



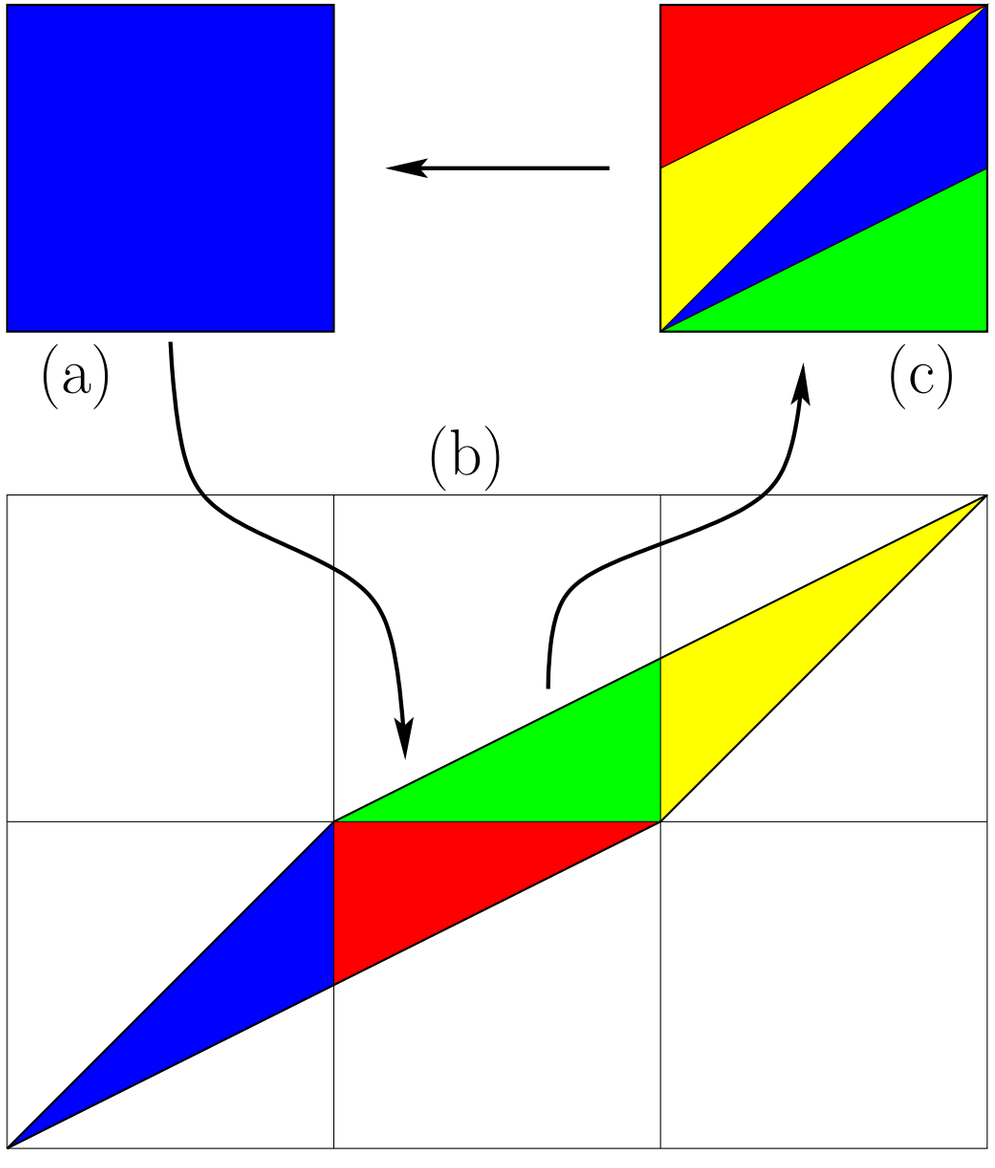
1. **Il caos primordiale**
2. **L'armonia delle sfere**
3. **La ricerca dell'ordine**
4. **Le radici del caos**
5. **Le risonanze: coesistenza di ordine e caos**
6. **Il sussurro del caos**





Le successioni di numeri a caso

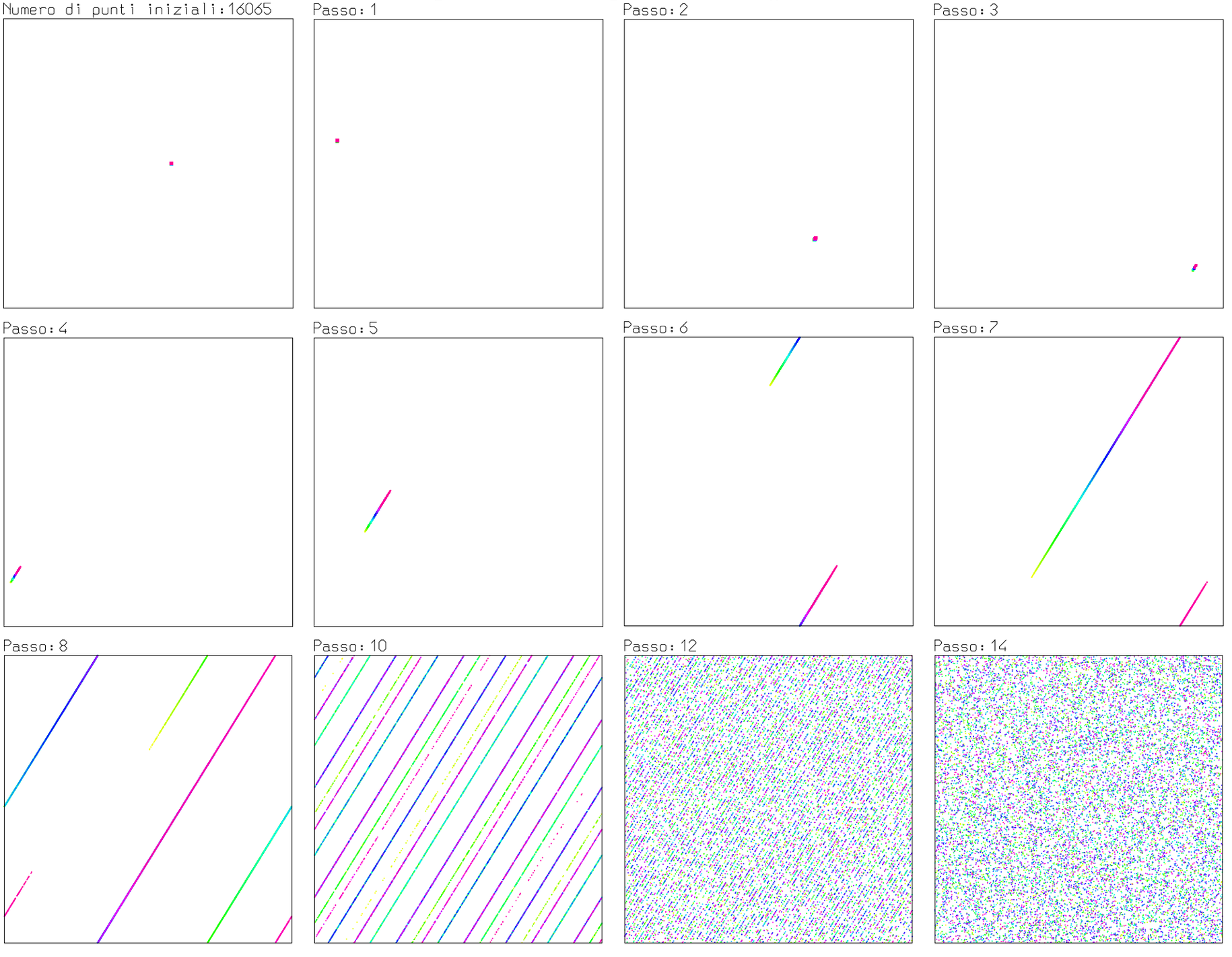
- Il lancio della moneta.
  - Esce "testa": scrivo 1; esce "croce": scrivo 0.
  - Ho una successione di cifre zero/uno del tutto casuale (vero a patto che la moneta non sia truccata).
- **Domanda:** *Posso farlo coi numeri?*
  - Prendo un segmento, ed etichetto gli estremi con 0 (sinistra) e 1 (destra).
  - Prendo un punto qualsiasi.
  - Stiro il segmento raddoppiando la lunghezza.
  - Se il punto finisce nella metà sinistra aggiungo una cifra 0 all'etichetta; se finisce nella metà destra aggiungo una cifra 1.
  - Sovrappongo le due metà del segmento, e ripeto l'operazione quante volte voglio. Così genero una successione di 0/1.
  - Lanciare la moneta è come estrarre la prima cifra dalla successione (sposto la virgola).
- *Se prendo due punti molto vicini, la distanza raddoppia a ogni passo: si perde rapidamente memoria della vicinanza iniziale.*



Il modello del “gatto di Arnold”

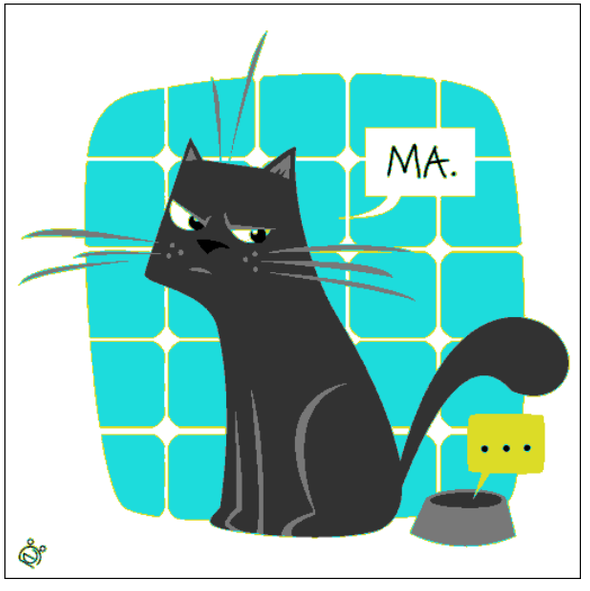
- *Il meccanismo espansione–contrazione.*
  - Prendo un quadrato (a);
  - Lo stiro in una direzione e lo schiaccio nell’altra, fino a trasformarlo nel parallelogrammo in (b);
  - riporto entro il quadrato iniziale tutte le parti colorate che sono uscite, come in (c).
  - Ripeto l’operazione quante volte voglio.
- Proprietà fondamentale da rispettare:
  - l’area di una qualunque parte del quadrato deve essere la stessa prima e dopo lo stiramento/schiacciamento.
  - Nota: è un po’ quello che faccio quando impasto la farina per fare il pane.
- Domande:
  - *Come si trasforma un quadratino molto piccolo, mano a mano che ripeto l’operazione?*
  - *Cosa succede se dentro il quadrato ci metto una figura (ad esempio quella di un gatto)?*

- Evoluzione di un quadratino molto piccolo: la dispersione lungo la direzione espandente.

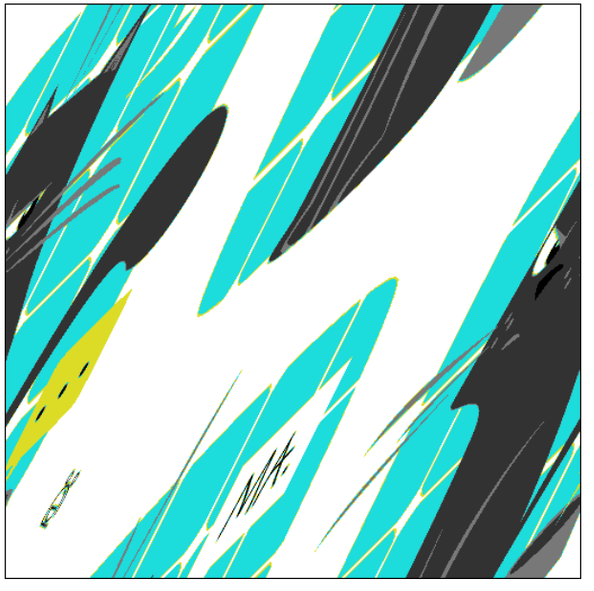


- Un'immagine globale dell'evoluzione: il mescolamento rapido dei punti del quadrato.

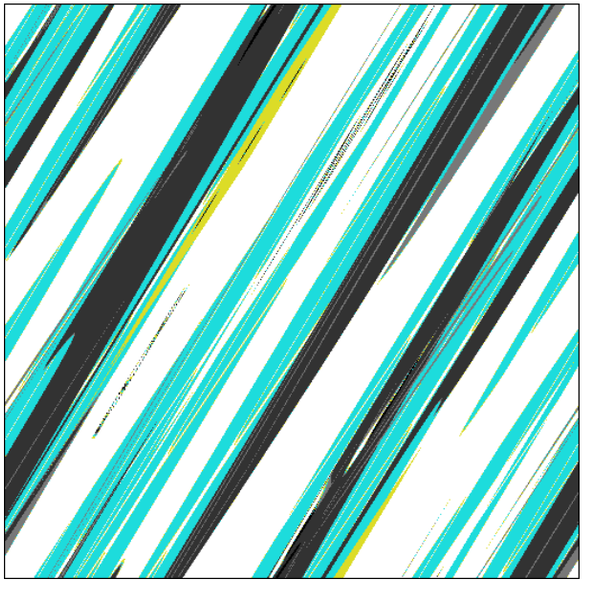
Passo 0



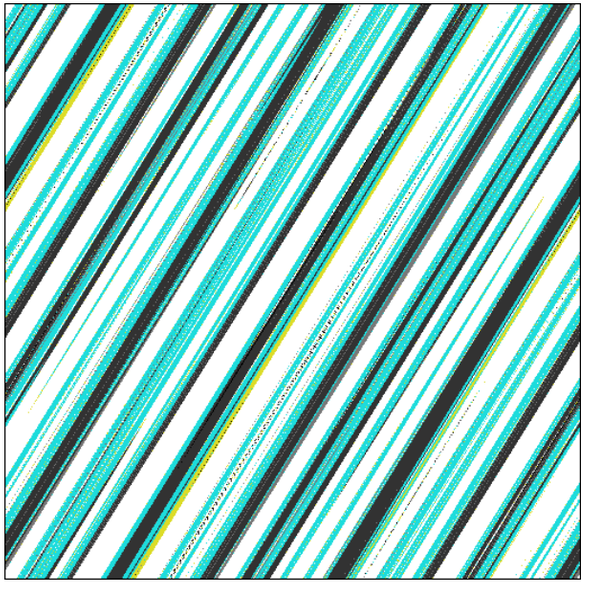
Passo 1



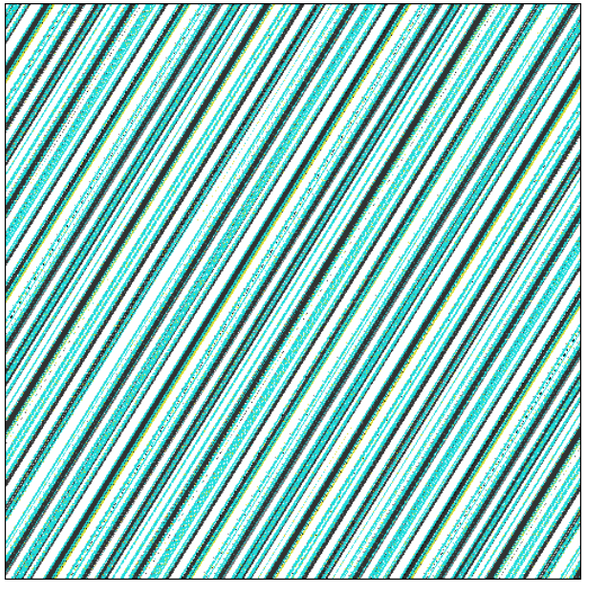
Passo 2



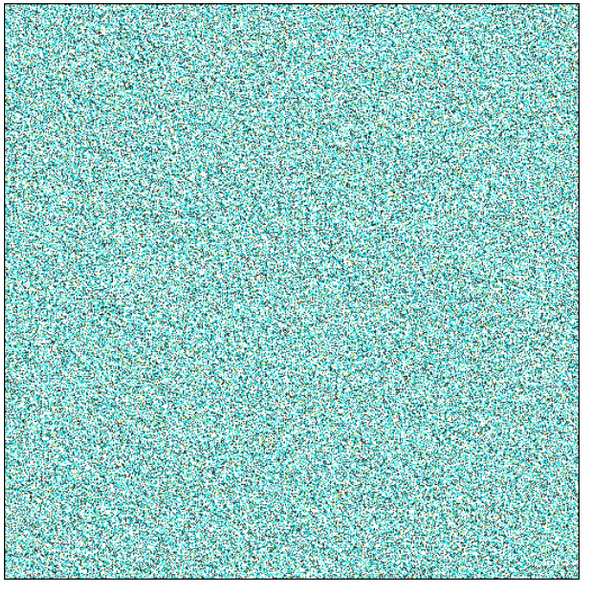
Passo 3



Passo 4



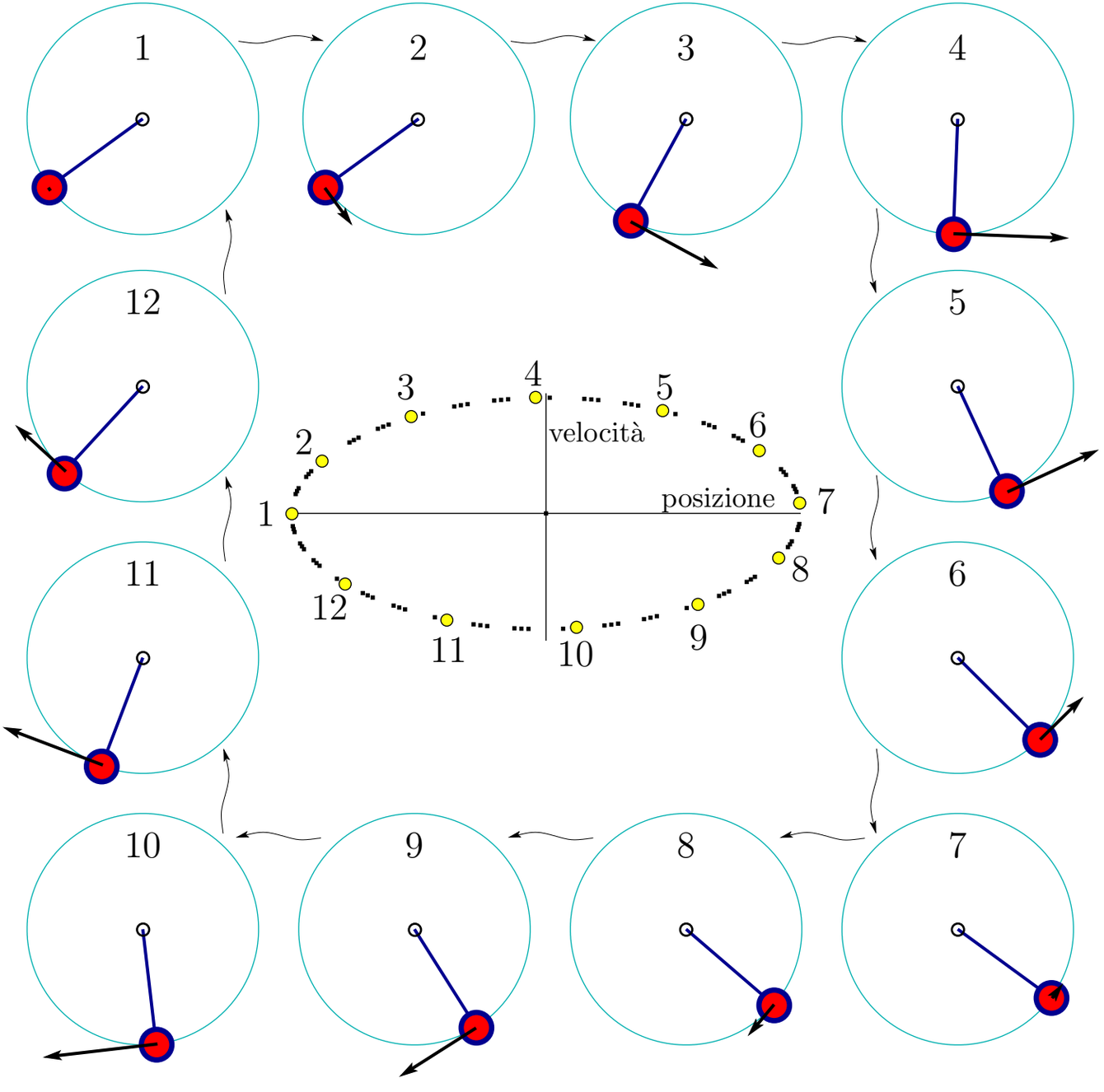
Passo 8



(Disegno di Cristina Giorgilli)

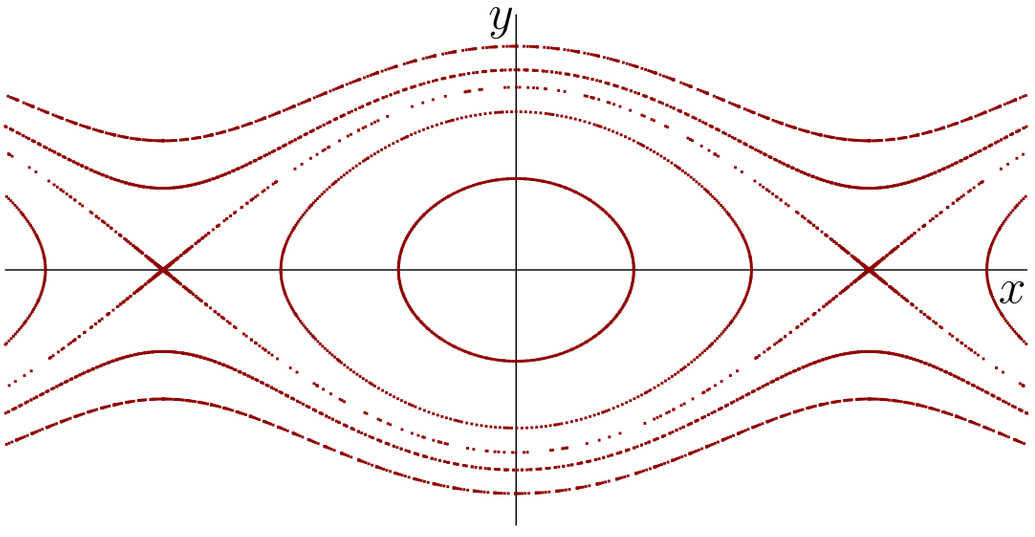


1. **Il caos primordiale**
2. **L'armonia delle sfere**
3. **La ricerca dell'ordine**
4. **Le radici del caos**
5. # Risonanze: ordine e caos
6. **Il sussurro del caos**



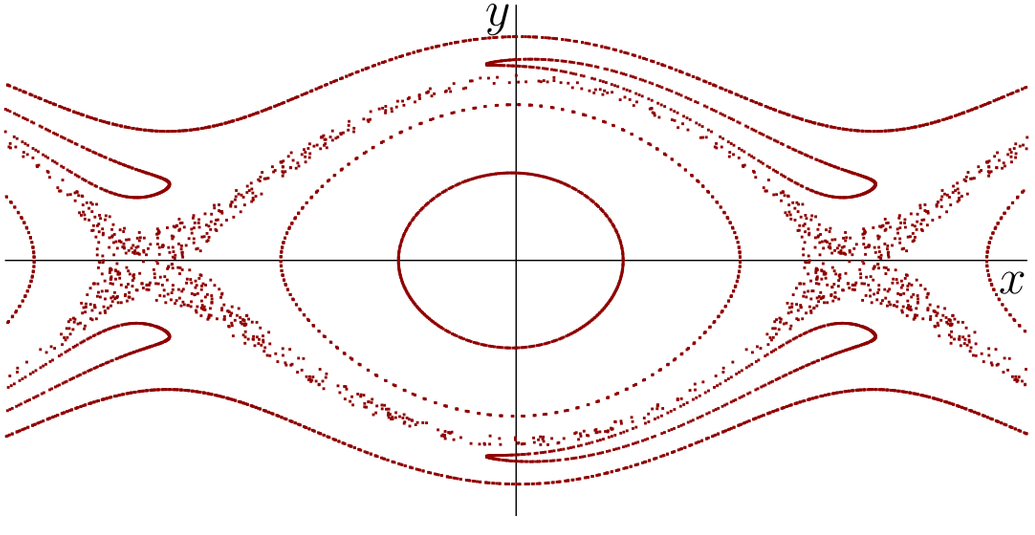
Il moto del pendolo

- Scatto una serie di fotografie a intervalli regolari, . . .
- . . . ma con una macchina fotografica speciale: mi fotografa anche la velocità.
- Riporto la posizione e la velocità sul diagramma al centro:
- i primi 12 punti sono in evidenza;
- tutti gli altri si distribuiscono su una curva ovale.
- La curva rappresenta la relazione tra la posizione e la velocità.



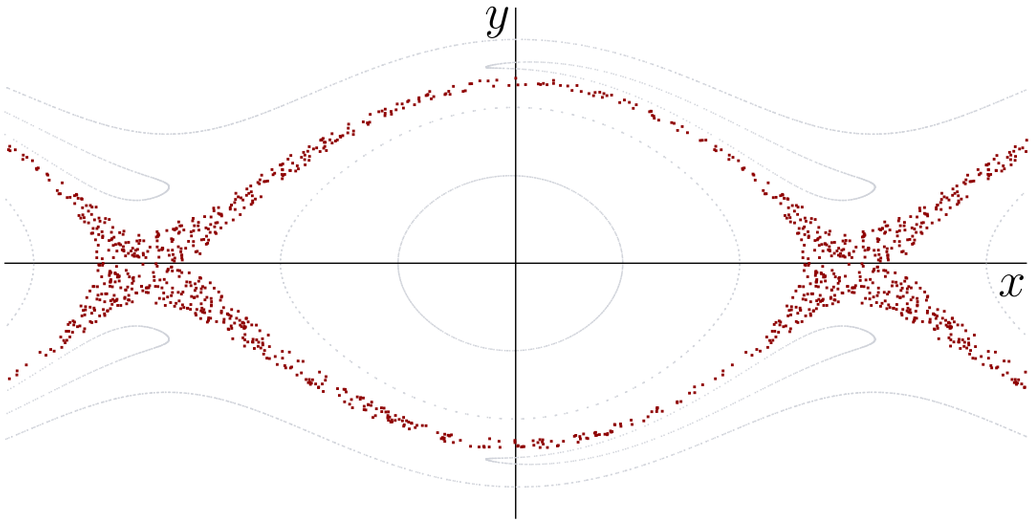
Il pendolo libero

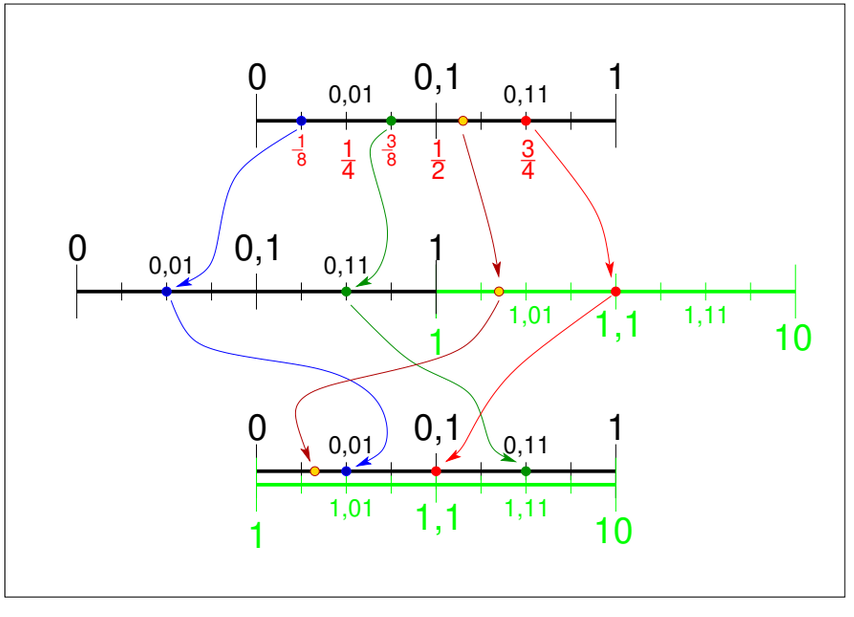
- Può restare fermo nel punto più basso: *equilibrio stabile*.
- Può oscillare con ampiezze diverse: le due curve al centro.
- Può ruotare facendo dei giri completi: le due curve in alto e le due in basso.
- Può restare fermo nel punto più alto: *equilibrio instabile*.
- Può partire dal punto in alto e tornarci dopo un solo giro, ma *in un tempo infinito*: la curva detta *separatrice*.



Il pendolo forzato

- Applico una piccola spinta a intervalli regolari.
- Le oscillazioni cambiano di poco: le due curve al centro.
- In qualche caso anche le rotazioni persistono: la curva in alto e quella in basso.
- Ma succede qualcosa di strano: le due curve di forma allungata, ma soprattutto ...
- ... *tutti quei punti che sembrano messi a caso: cosa rappresentano?*



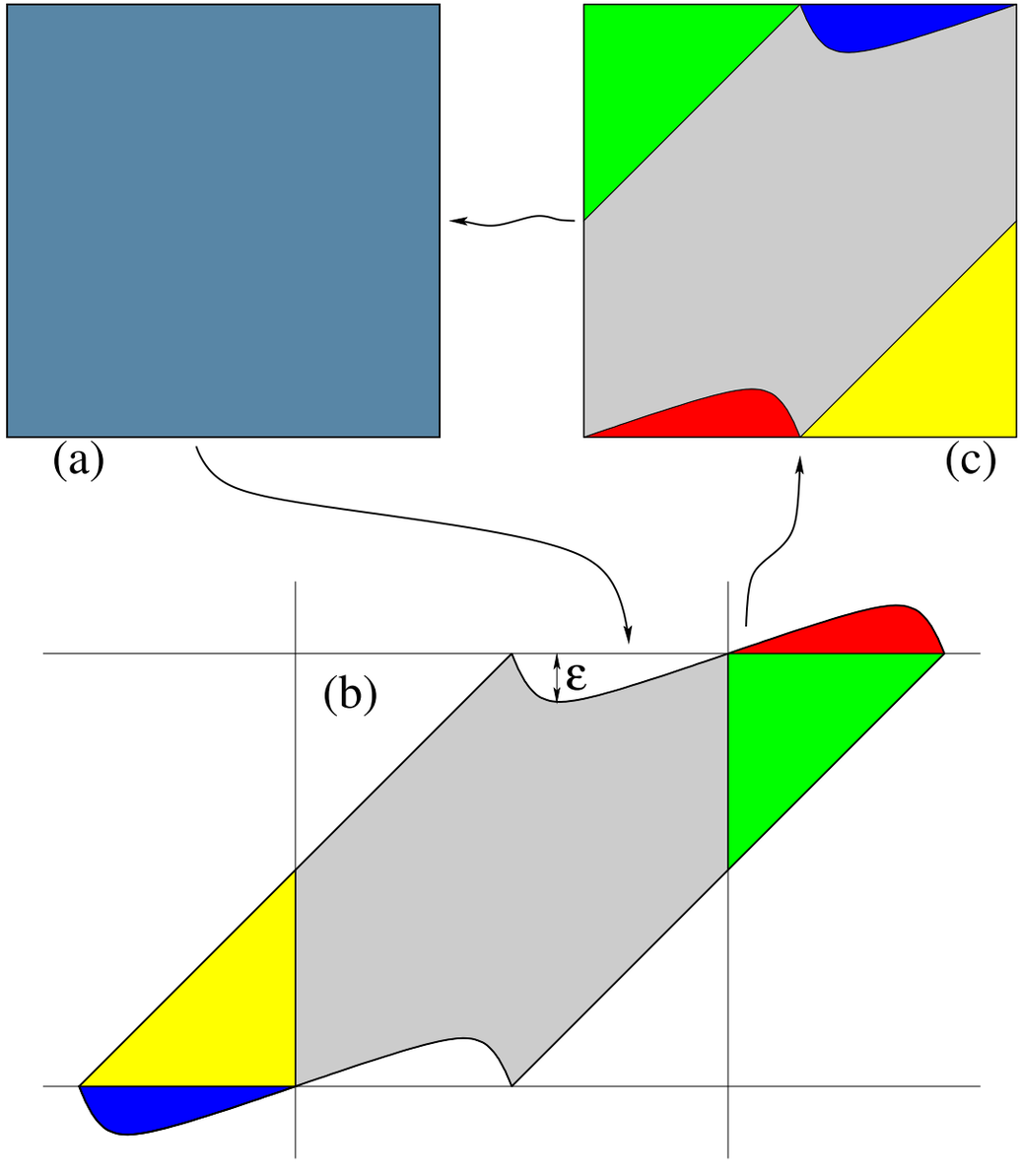


Il moto caotico del pendolo forzato

- Vediamolo nel video "I moti caotici del pendolo forzato".
  - Osservo il comportamento del pendolo in prossimità del punto di equilibrio superiore:
  - se supera il punto di equilibrio segno 1;
  - se non lo supera segno 0.
  - Alla fine ho ottenuto una successione di cifre 0/1, come nel lancio della moneta.
- Osservazioni da matematico:
  - se cambio di poco quanto voglio il punto di partenza ottengo una successione diversa (esattamente come prendere due punti vicini sul segmento);
  - se costruisco una successione di 0/1, ad esempio lanciando la moneta, allora *esiste un punto iniziale per il pendolo che riproduce esattamente quella successione.*
  - La seconda affermazione è un *teorema* che i matematici hanno dimostrato.

La coesistenza di ordine e caos

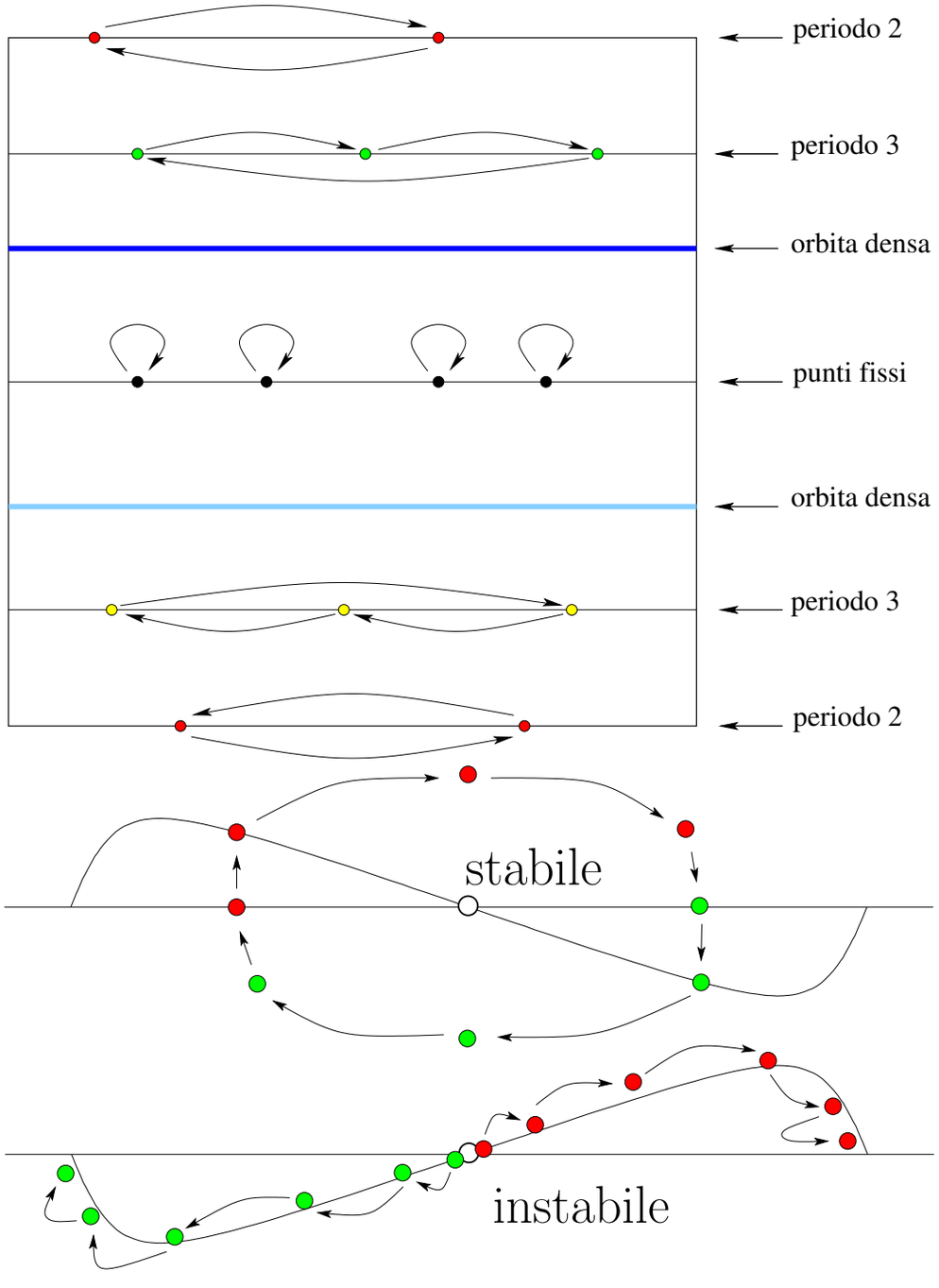
- Il movimento può essere ordinato oppure caotico: *dipende da come scelgo lo stato di partenza.*



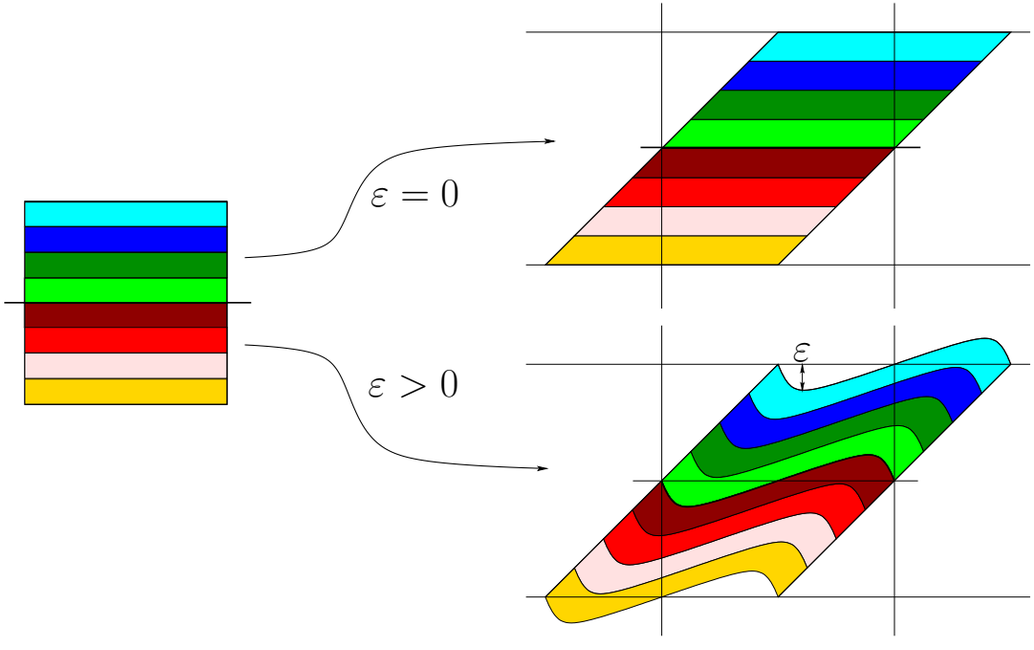
Le risonanze, ordine e caos

- La *mappa standard* di Chirikov (1928–2008)
  - Prendo un quadrato (a);
  - lo deformo orizzontalmente trasformandolo in un parallelogrammo, e aggiungo una deformazione verticale, come in (b);
  - riporto dentro il quadrato tutte le parti colorate che ne sono uscite, come in (c);
  - Ripeto l'operazione quante volte voglio.

- Proprietà fondamentali da rispettare:
  - L'area di una qualunque parte del quadrato deve essere la stessa prima e dopo lo stiramento/schiacciamento.
  - Il parametro ε (lettera greca "epsilon") misura la deformazione verticale



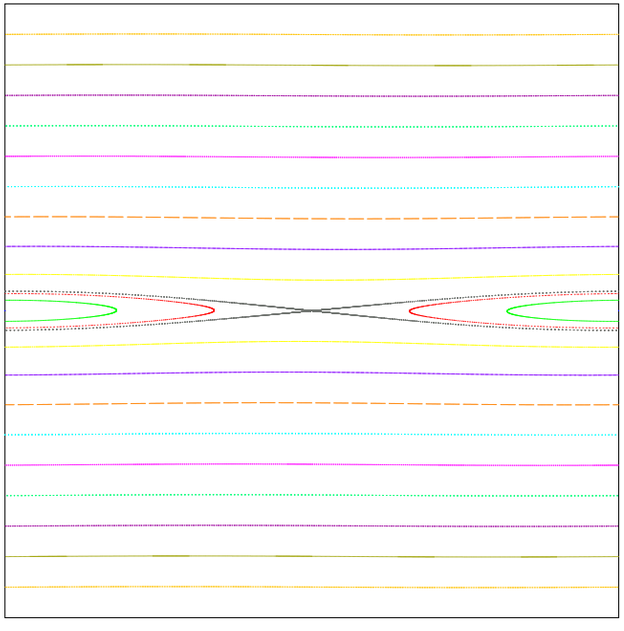
- Per $\varepsilon = 0$ non c'è deformazione verticale; tutto scorre orizzontalmente.
  - I segmenti ad altezze diverse hanno comportamenti diversi.
  - È come accade ai pianeti: i periodi dipendono dal semiasse maggiore dell'orbita (terza legge di Keplero).



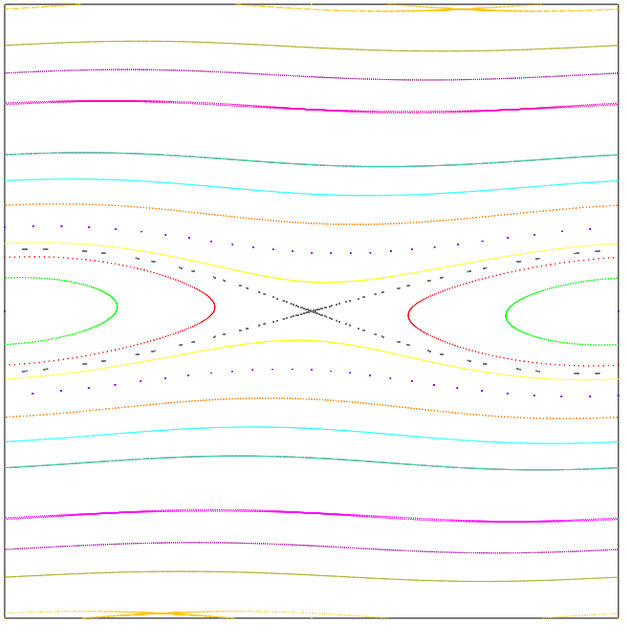
- Per $\varepsilon \neq 0$ succedono le cose interessanti. Per capirci qualcosa occorre seguire i singoli punti, ma ricordiamo:
  - Cambiare l'altezze è come cambiare l'orbita di un corpo celeste.
  - Far crescere ε è come far crescere la massa dei pianeti maggiori (Giove, ad esempio).

- Un'immagine globale dell'evoluzione: il mescolamento rapido delle orbite.

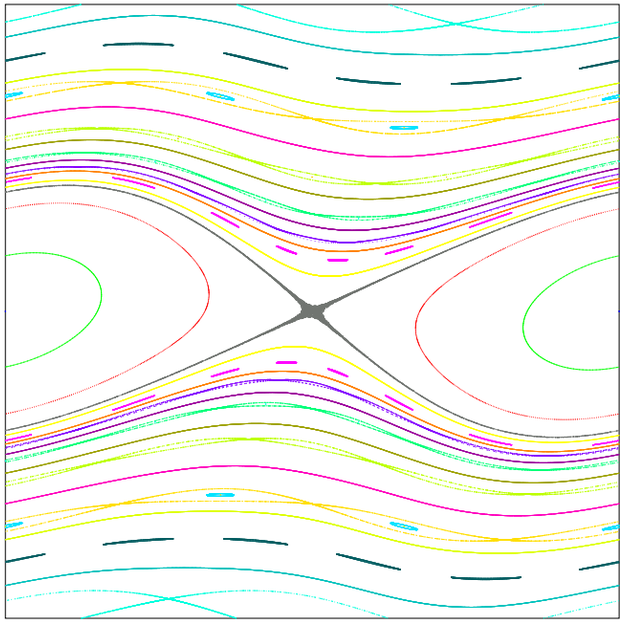
$\varepsilon = 0.001$



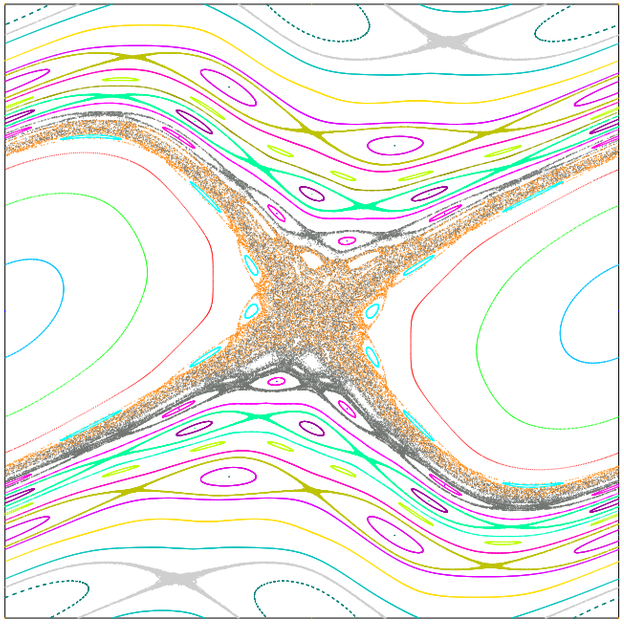
$\varepsilon = 0.1$



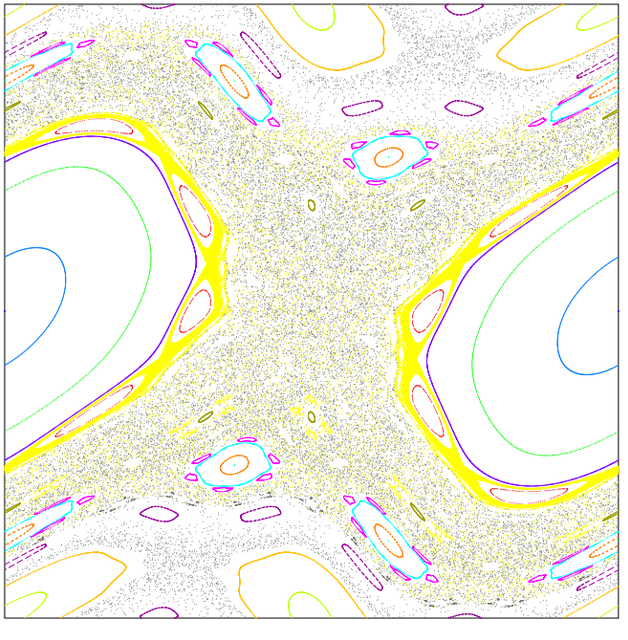
$\varepsilon = 0.4$



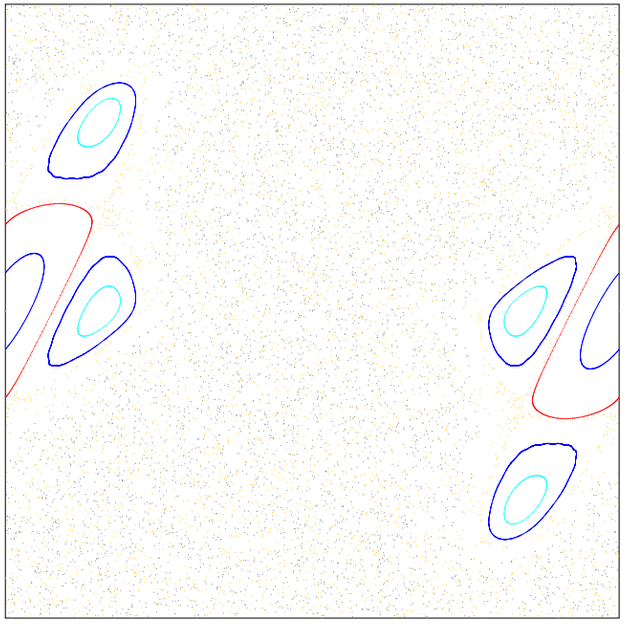
$\varepsilon = 0.8$

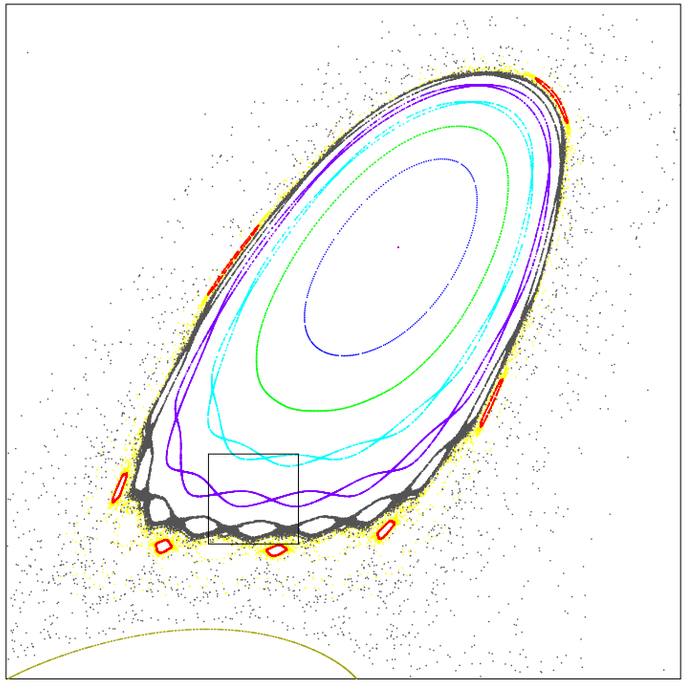


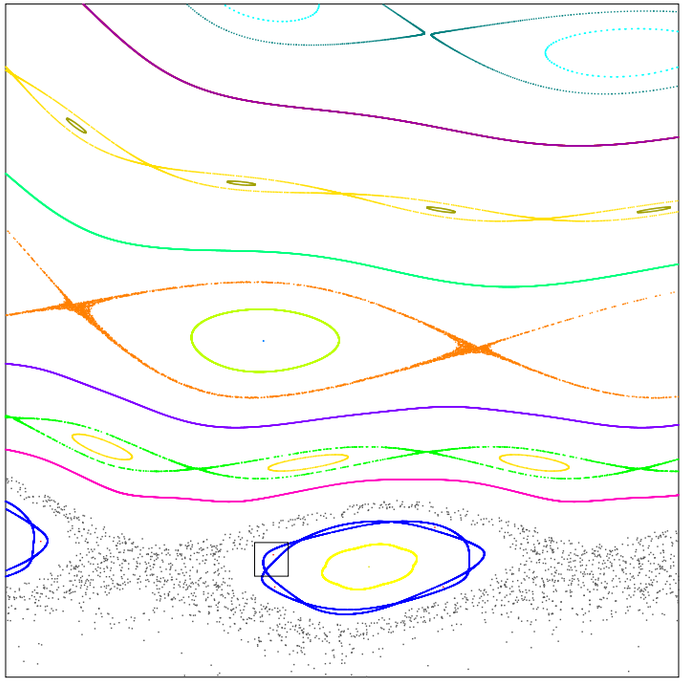
$\varepsilon = 1.1$

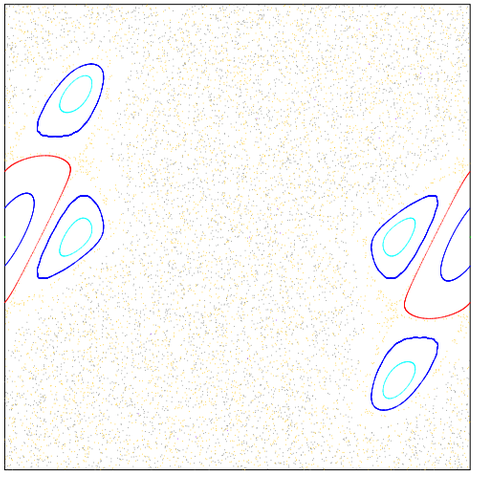


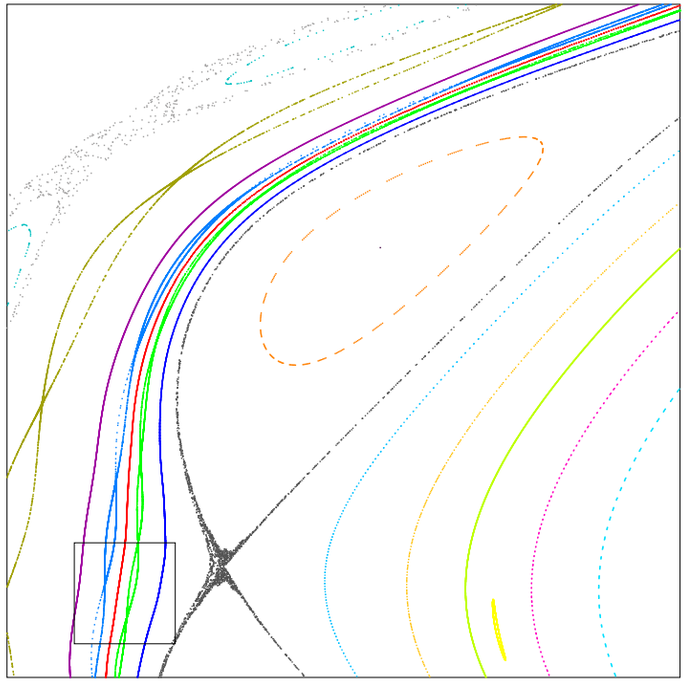
$\varepsilon = 2.36$

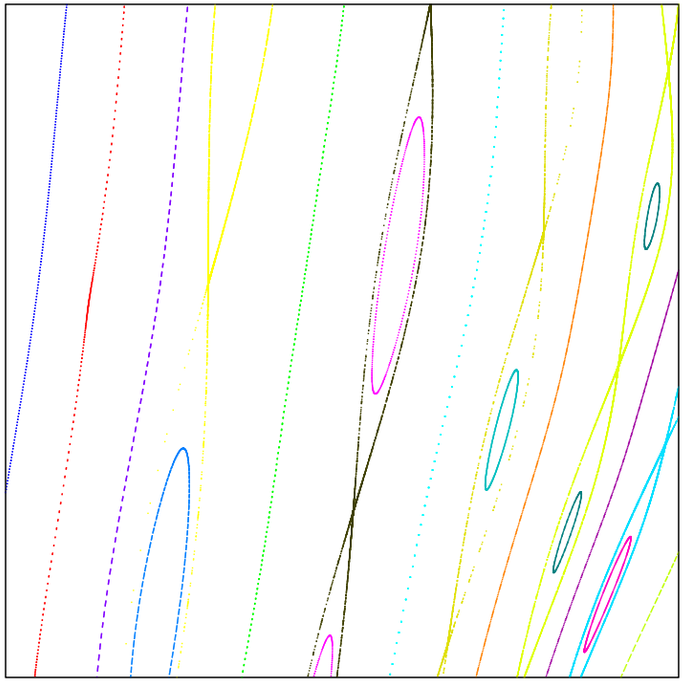




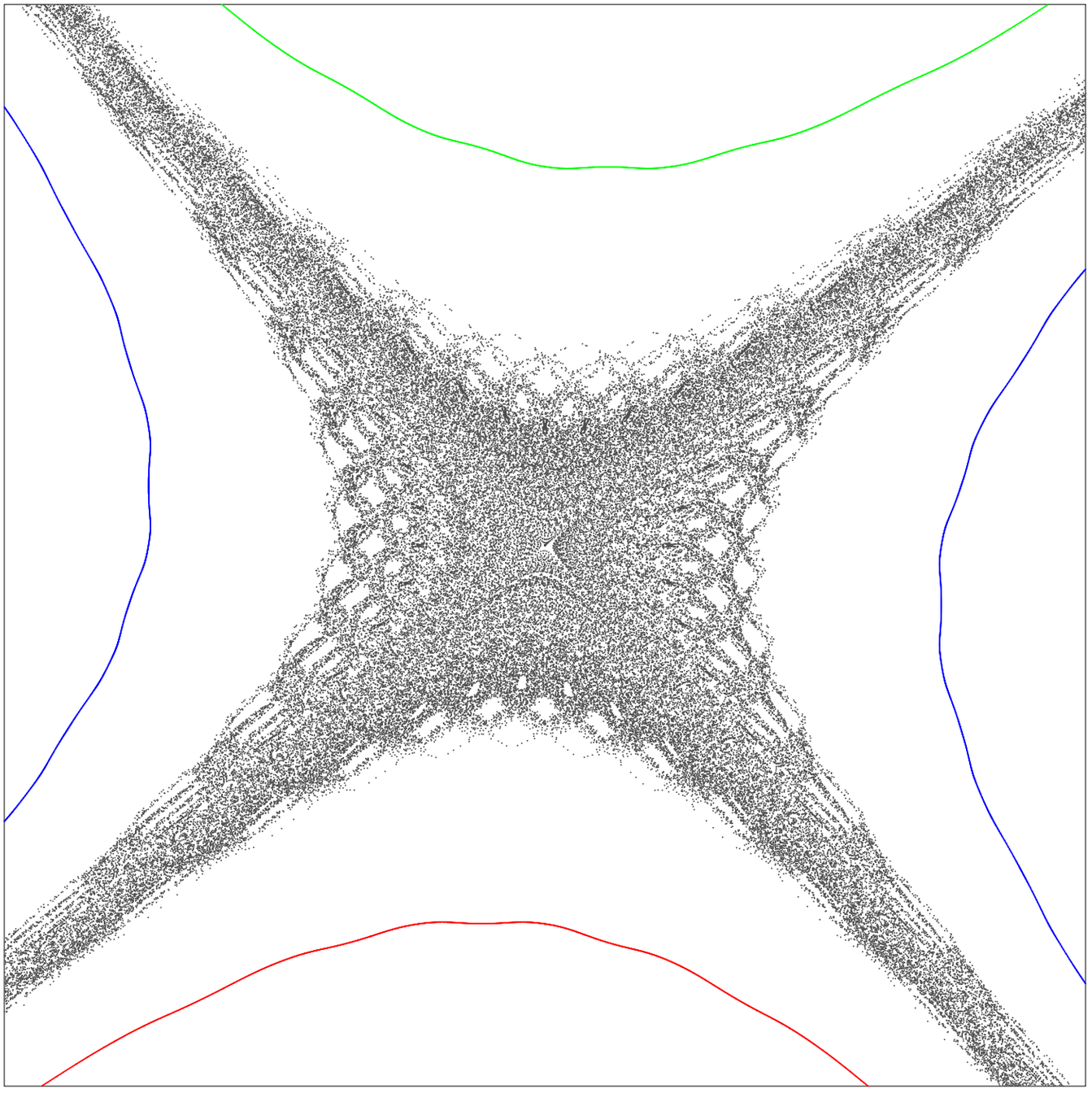


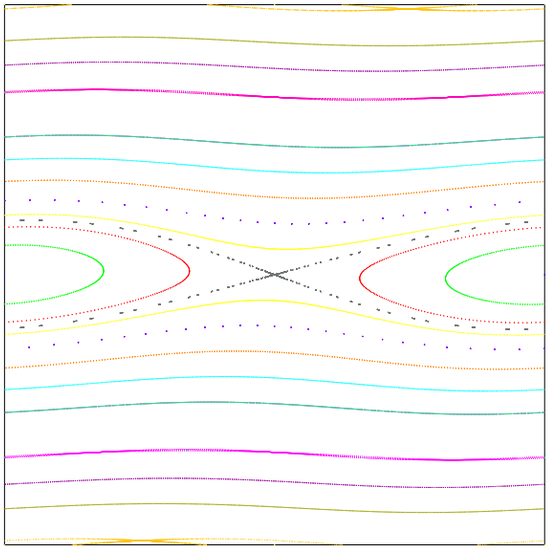




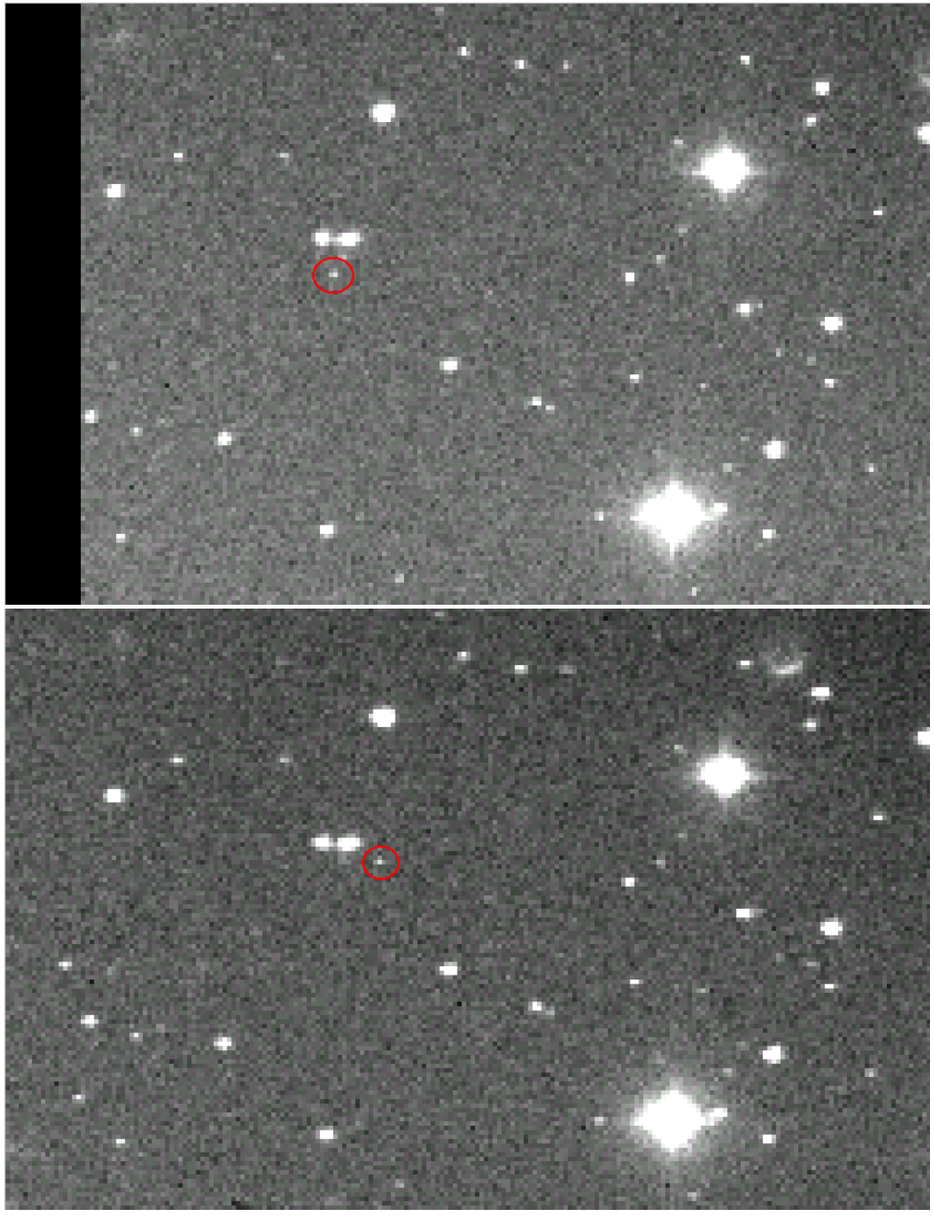


- Le *"scatole nelle scatole"*
  - Ingrandimenti successivi delle orbite della mappa standard per $\varepsilon = 2.36$.
  - La formazione di curve chiuse, dette *isole*, intorno alle orbite periodiche stabili si ripete su scale sempre più piccole.
  - Intorno alle orbite instabili si formano delle separatrici, simili a quelle del pendolo forzato.
  - Apparentemente, su piccola scala le separatrici sembrano curve ben definite, ma . . .





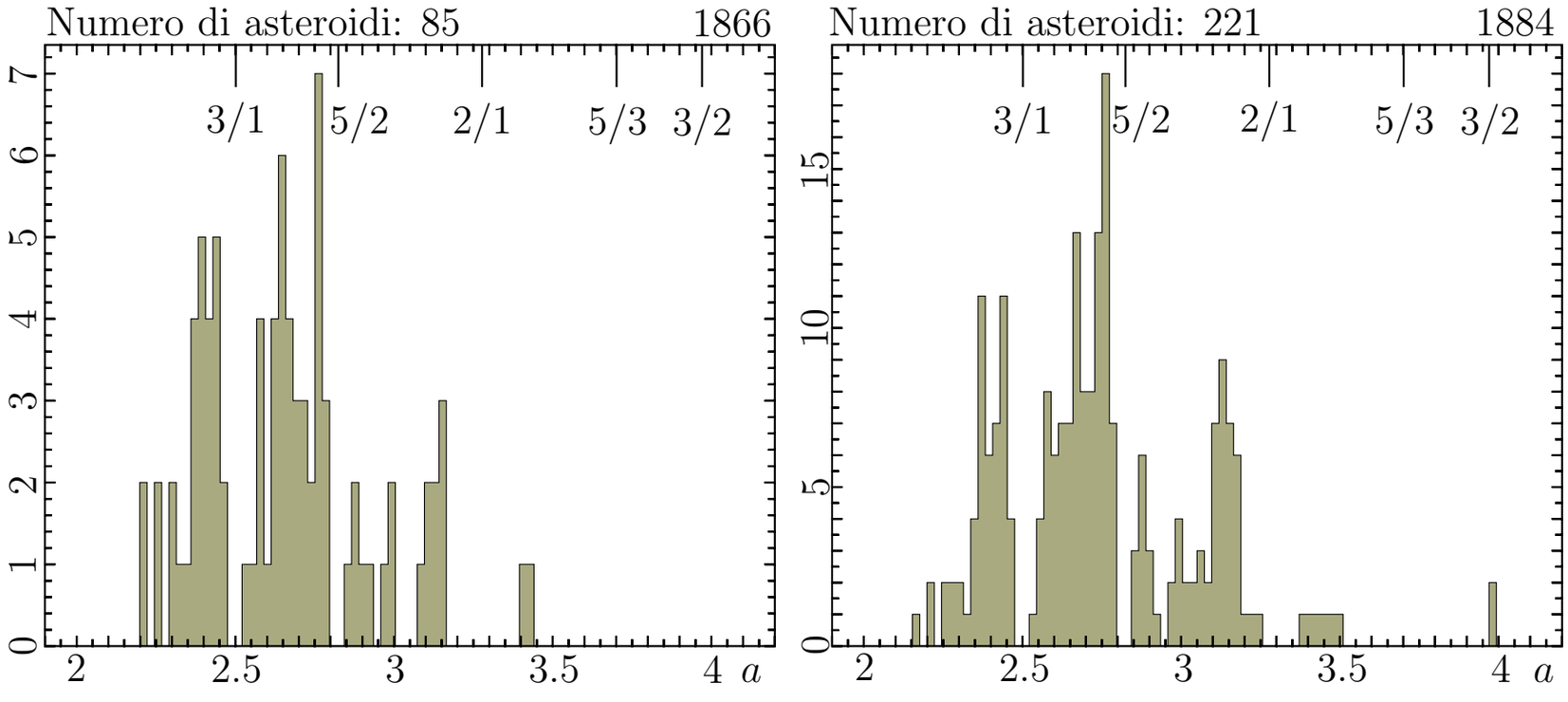
- Il caos intorno ai punti instabili.
  - Ingrandimento di un rettangolino di lati 3×10^{-4} e 10^{-4} intorno al centro del quadrato, per $\varepsilon = 0.1$.
  - Il rapporto 3/1 tra i lati orizzontale e verticale compensa lo schiacciamento della fascia risonante.
  - La separatrice che sembrava una curva rivela una struttura caotica.



1. **Il caos primordiale**
2. **L'armonia delle sfere**
3. **La ricerca dell'ordine**
4. **Le radici del caos**
5. **Le risonanze: coesistenza di ordine e caos**

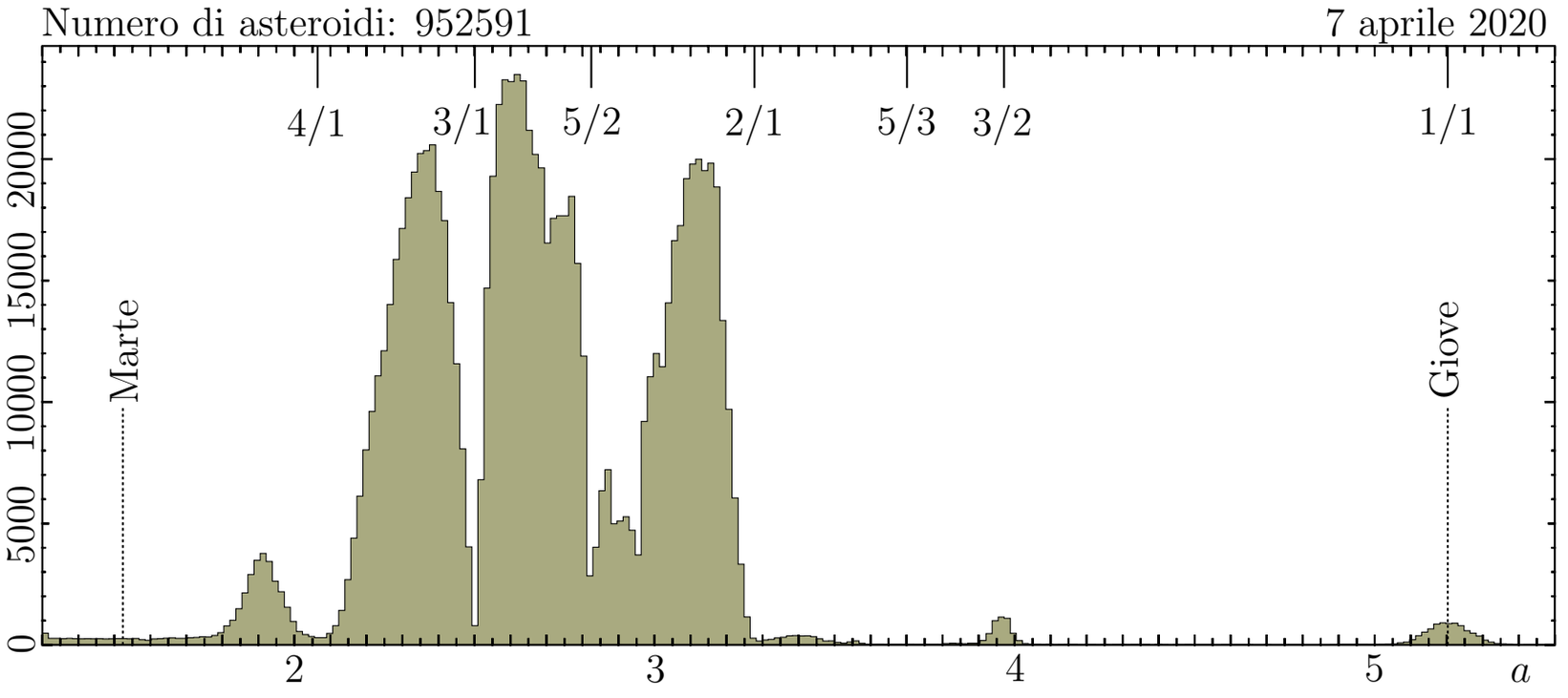
6. Il sussurro del caos

Gli asteroidi e le risonanze



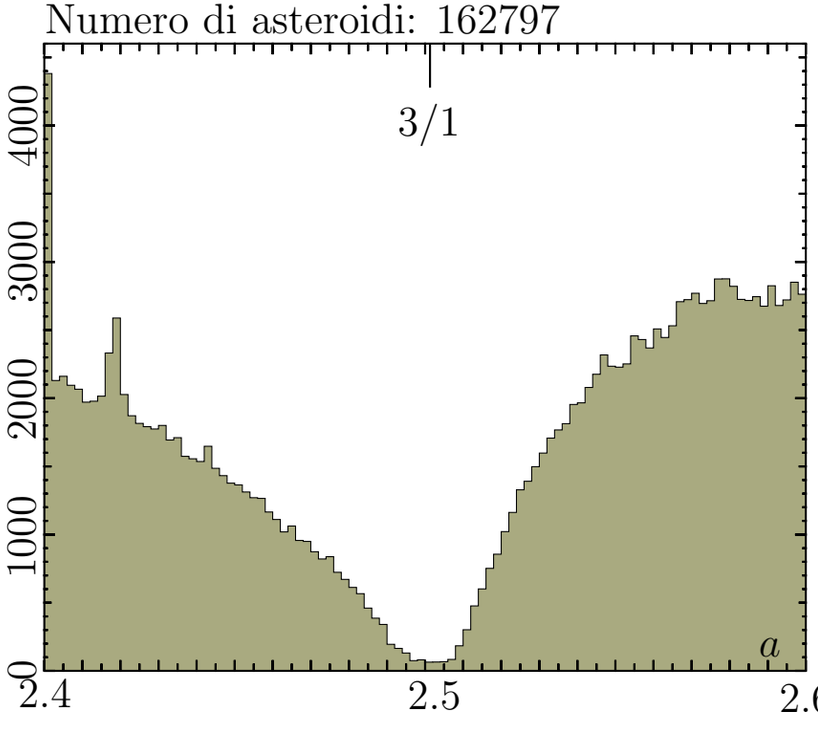
- Le *lacune di Kirkwood*
  - 1866: Daniel Kirkwood mette in evidenza la non uniformità della distribuzione degli asteroidi:
  - Ci sono delle lacune in corrispondenza alle *risonanze in moto medio* (ossia tra i periodi) con Giove.
  - A sinistra: l'istogramma per 85 asteroidi, noti nel 1866.
  - 1884: in una seconda memoria Kirkwood conferma il fenomeno tenendo conto delle nuove scoperte.
  - A destra: l'istogramma per il 1884, comprendente 221 asteroidi

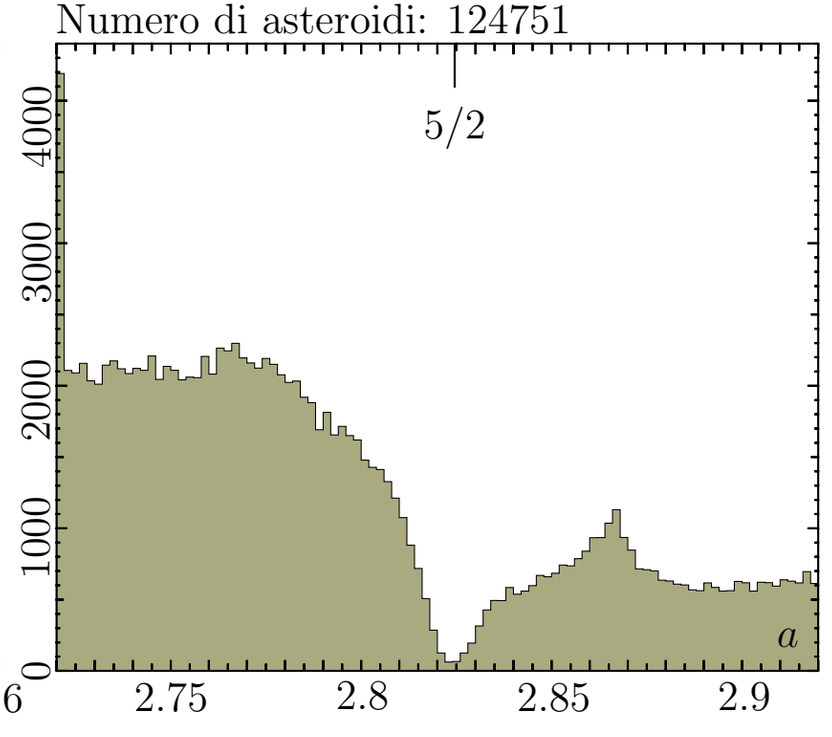
- L'ipotesi di Kirkwood: la risonanza destabilizza le orbite, creando le lacune nella distribuzione.



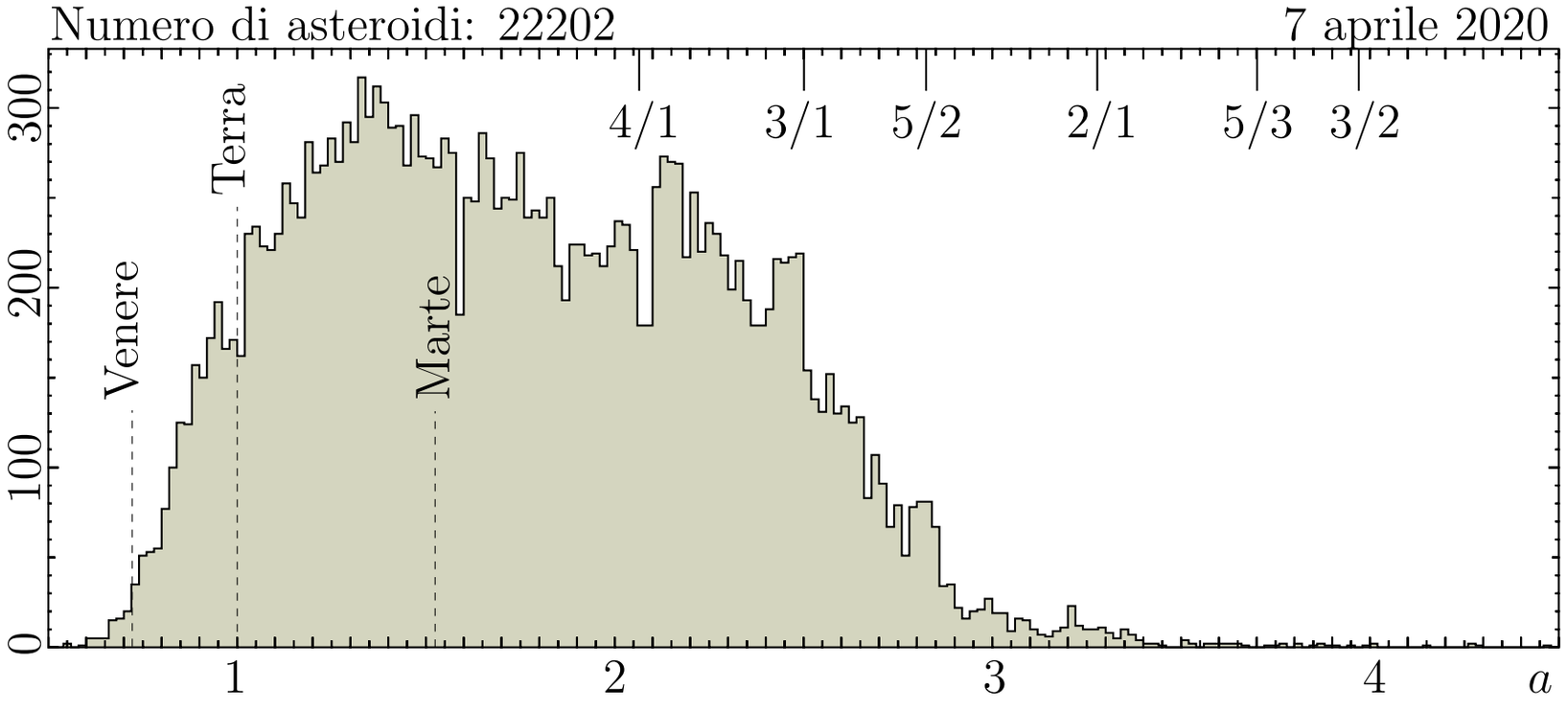
Asteroidi della fascia tra Marte e Giove: l'esistenza delle lacune di Kirkwood risulta ampiamente confermata.

(Dati da IAU Minor Planet Center, per tutte le figure).





Gli intervalli del semiasse maggiore interessati dalle risonanze 3/1 e 5/2, poco visibili nella figura sopra.



Istogramma della distribuzione dei Near Earth Asteroids (o NEA) che transitano in vicinanza dell'orbita della Terra.

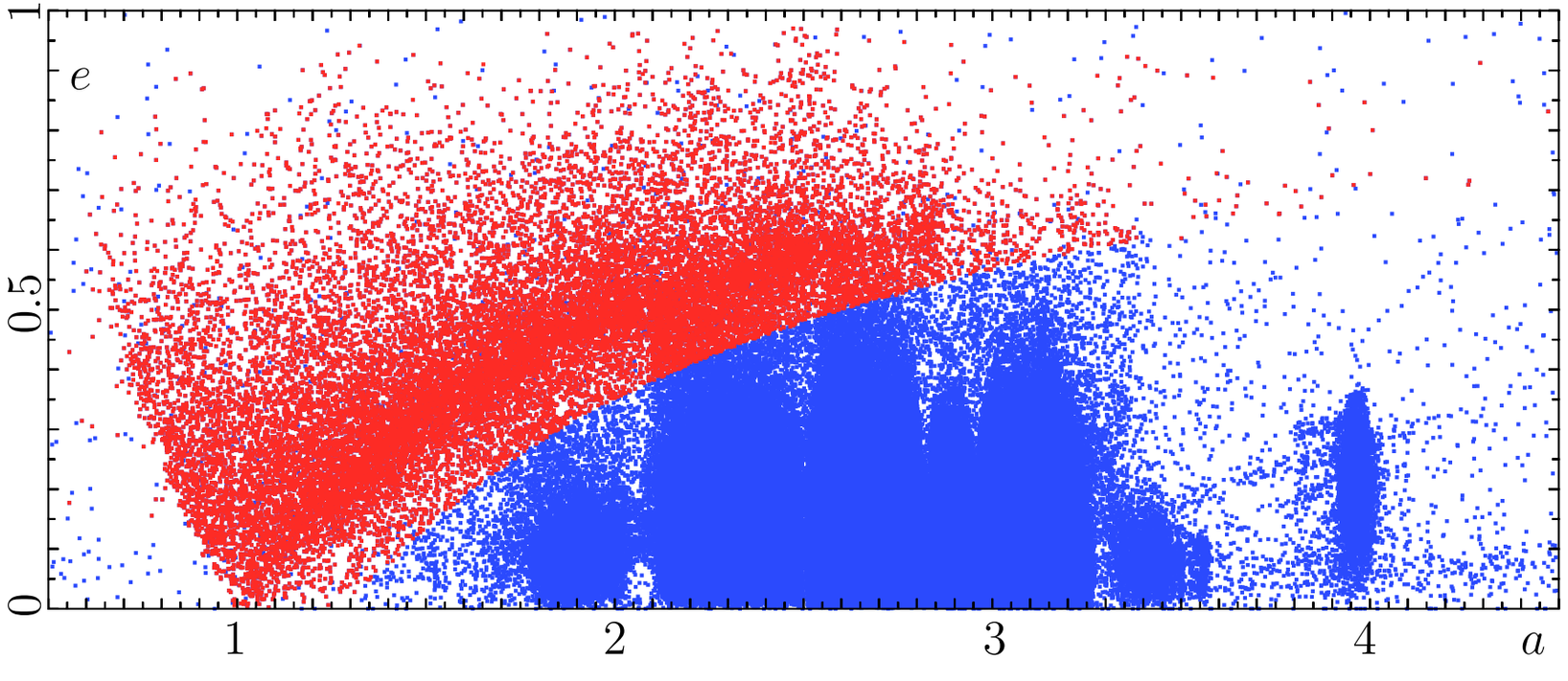


Grafico eccentricità / semiasse maggiore per gli asteroidi catalogati.

- Rosso: i NEA.
- Blu: non intersecano l'orbita della Terra.

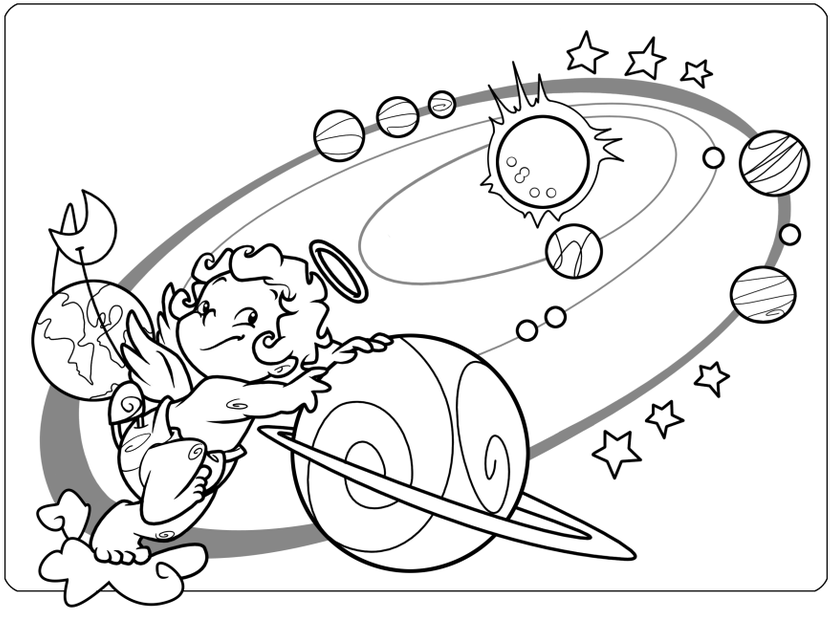
I risultati ottenuti con l'ausilio del calcolatore

- Alcuni tra i risultati principali.
  - Le orbite dei pianeti interni (Mercurio, venere, Terra e Marte) presentano un comportamento di tipo imprevedibile su tempi di centinaia di milioni di anni (Milani, Nobili e Carpino, 1987).
  - Le lacune di Kirkwood sono dovute all'azione contemporanea delle risonanze in moto medio e di quelle dette *secolari*: risonanze tra i periodi dei perieli e dei nodi (Morbidelli).
  - Oltre Nettuno c'è una nube di piccoli corpi celesti che hanno un comportamento molto caotico: una popolazione "giovane" rispetto all'età del Sistema Solare.

- Il caos su larga scala nel passato e nel futuro.
  - Lo stato attuale del Sistema Solare potrebbe essere la conseguenza di eventi catastrofici accaduti intorno a 3.8 miliardi di anni fa: espulsione di un gran numero di piccoli corpi dal Sistema Solare, migrazione dei pianeti maggiori fino a posizionarsi sulle orbite attuali, formazione della fascia asteroidale (Morbidelli e collaboratori).
  - Alcune simulazioni numeriche riportano variazioni consistenti dell'orbita di Mercurio, che arriva a intersecare l'orbita di Venere. Può accadere anche agli altri pianeti interni, compresa la Terra; tranquilli: ... ci vogliono circa 3.5 miliardi di anni ... (Laskar).

- I sistemi planetari extrasolari.
  - È un problema sostanzialmente aperto, ma, ...
    c'è molta gente che ci sta lavorando ...

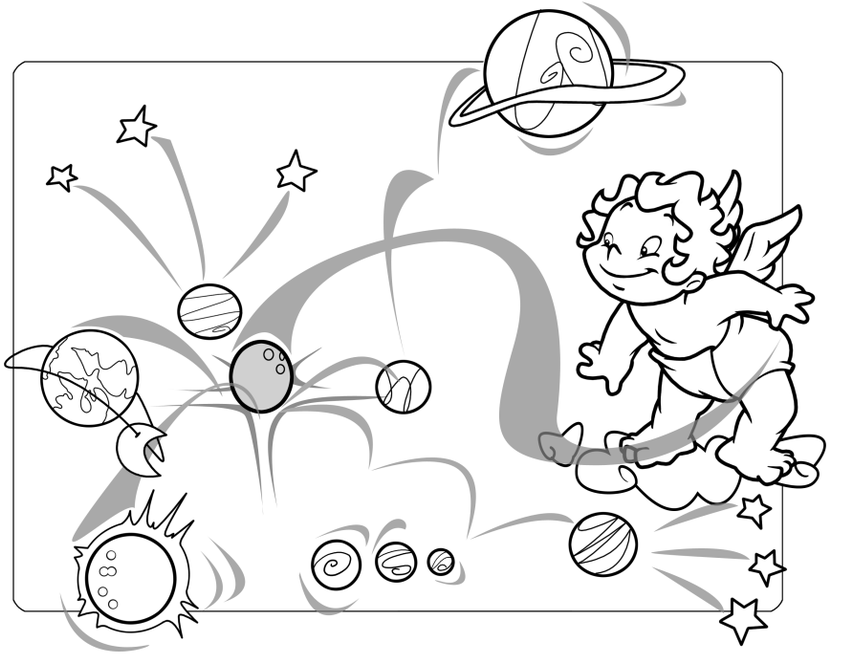
Qualche riflessione conclusiva

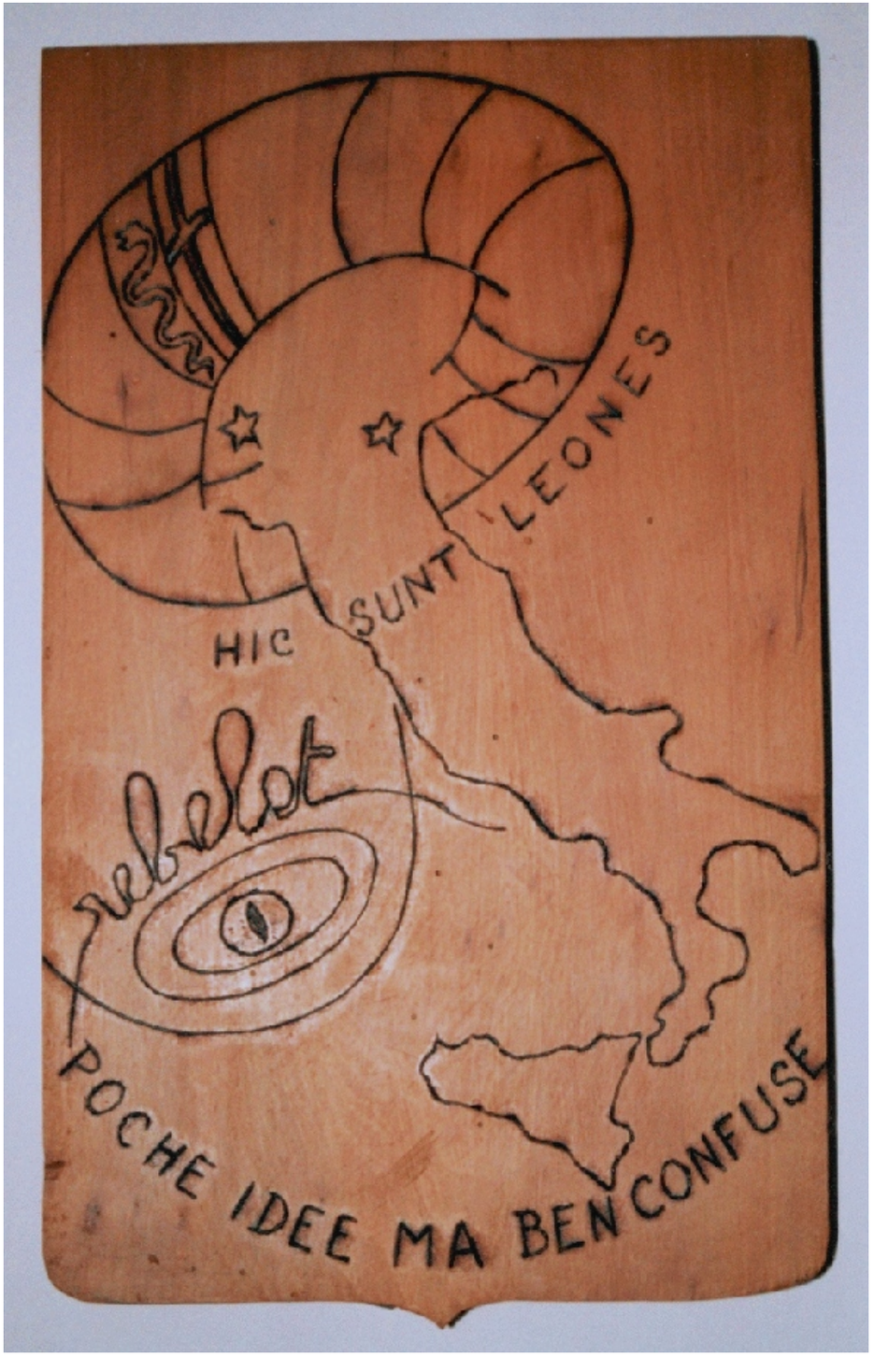


- I concetti di “ordine completo” e di “caos totale” sono solo idealizzazioni dovute ai limiti della nostra immaginazione e delle nostre capacità.
  - Il caos è pervasivo: lo troviamo in astronomia, fisica, chimica, biologia, economia &c.
  - Spesso è ben nascosto: si può manifestare su scale spaziali molto piccole (atomiche, molecolari), o su scale temporali estremamente lunghe (milioni o miliardi di anni).

- Il nostro mondo in realtà è una sapiente combinazione di ordine e caos, con prevalenza macroscopica dell’uno o dell’altro nei diversi casi.

Il fatto sorprendente, affascinante, è che ordine e caos si trovino al posto e nella misura giusta per lasciare spazio all’evoluzione biologica che ha portato fino a noi.





Università della Svizzera Italiana
Lugano
23 ottobre 2026

L'armonia delle sfere, il sussurro del caos.

GRAZIE PER LA VOSTRA CORTESE ATTENZIONE

Antonio Giorgilli

Istituto Lombardo
Accademia di Scienze e Lettere