

L'EQUILIBRIO UNIVERSALE

dalla meccanica celeste alla fisica nucleare

Cap.9 –Satelliti e sistemi planetari del Sistema Solare

fascia di Kuiper : E' una fascia molto larga, che occupa lo spazio compreso nell'intervallo :

$$(7381 \div 14762) \cdot 10^6 K_m .$$

E' occupata dai corpi e detriti lasciati dalla stella esplosa nel Sistema Solare primordiale.

Analizzando gli effetti di quella presunta esplosione, verificatasi in prossimità del confine interno della fascia $R_{\left(\sqrt{\frac{4}{3}}-1\right)} = 7381 \cdot 10^6 K_m$, abbiamo visto

come gran parte dei detriti viene proiettata verso l'esterno, su orbite ellittiche molto eccentriche, anche per la bassa velocità di equilibrio, che contribuisce a produrre elevati incrementi relativi della velocità.

Per questa ragione, la fascia risulta molto popolata, mentre gli aggregati che vengono proiettati verso l'interno e catturati dallo spazio rotante solare sono relativamente pochi.

Prendiamo ora in considerazione la situazione presente sulle singole orbite del sistema Solare.

1 – Coppia Plutone – Caronte :

Sono noti i raggi dei due corpi e la loro distanza relativa :

$$d = 19640 K_m ; r_{Pl} = 1160 K_m ; r_c = 587 K_m$$

Essendo i due corpi molto vicini e di dimensioni simili, è possibile pensare che formino un sistema doppio.

Per verificarlo utilizziamo un calcolo di prima approssimazione.

In base a quanto abbiamo visto parlando dell'aggregazione di masse simili, per semplicità, possiamo ipotizzare che abbiano la stessa densità.

Come abbiamo visto, per avere un sistema doppio, dovrà essere verificata la relazione :

$$\frac{R_{NPS}}{R_{NCS}} = \frac{n_p^2}{n_c^2}$$

ma è anche :

$$\frac{R_{NPS}}{R_{NCS}} \simeq \left(\frac{m_{PI}}{m_c} \right)^{\frac{1}{2}}$$

e quindi risulta :

$$\frac{R_{NPS}}{R_{NCS}} \simeq \left(\frac{m_{PI}}{m_c} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{r_{PI}}{r_c} \right)^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{1160}{587} \right)^{\frac{3}{2}} = \mathbf{2,778}$$

da cui si ricava :

$$\frac{n_p}{n_c} = (2,778)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{1,6667}$$

I numeri interi che meglio approssimano tale rapporto sono $5 / 3$.

Per il punto neutro dei due corpi rispetto al Sole dovrà dunque essere :

$$R_{NPS} = d \cdot n_p^2 = 19640 \text{ K}_m \cdot 5^2 = \mathbf{491000 \text{ K}_m}$$

$$R_{NCS} = d \cdot n_c^2 = 19640 \text{ K}_m \cdot 3^2 = \mathbf{176760 \text{ K}_m}$$

Le due masse dovranno soddisfare la relazione :

$$m_{PI} \simeq \left(\frac{R_{NPS}}{R_{PI}} \right)^2 \cdot m_s$$

con i valori numerici, si ricavano così i valori teorici :

$$m_{PI} \simeq \left(\frac{491000}{5900 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot 1,9891 \cdot 10^{30} K_g = 1,3778 \cdot 10^{22} K_g$$

$$m_c \simeq \left(\frac{R_{NCS}}{R_{PI}} \right)^2 \cdot m_s = 0,17854 \cdot 10^{22} K_g$$

che risultano in ottimo accordo con i valori forniti dall'osservazione. Oltre a fornire una prova a favore della teoria, questo accordo ci conferma il fatto che si tratta realmente di un sistema doppio.

La massa del sistema risulta :

$$m_{PC} = m_{PI} + m_c = 1,5563 \cdot 10^{22} K_g$$

e quindi lo spazio rotante :

$$K_{PC}^2 = \beta \cdot m_{PC} = 1038 \frac{K_m^3}{sec^2}$$

Il periodo teorico di rotazione sarà :

$$T_{PCp} = \left[\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot d^3}{K_{PC}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = 6,22 g$$

Tutti i risultati del calcolo teorico risultano in ottimo accordo con quelli riferiti dall'osservazione astronomica.

Dopo che il sistema doppio si è formato, la sua stabilità non è garantita in tutti i punti dello spazio rotante, ma solo in quelli che soddisfano la condizione :

$$d < R_{N1S} ; R_{N2S}$$

che, nel nostro caso, è verificata fino a quando il punto neutro di Caronte sarà diminuito fino al valore $R_{NCS} < d$ ossia, finchè è verificata la condizione :

$$R_{PI}^* \leq d \cdot \left[\frac{m_s}{m_c} \right]^{\frac{1}{2}} = 19640 K_m \left[\frac{1,9891 \cdot 10^{30}}{0,17854 \cdot 10^{22}} \right]^{\frac{1}{2}} = 655 \cdot 10^6 K_m$$

Superato questo limite, **Caronte non è più in grado di trattenere Plutone in orbita come satellite** alla distanza $d = 19640 K_m$ e dunque esso diventa un satellite di Plutone.

Quest'ultimo riesce però ancora a trattenere Caronte come satellite, in quanto, in questa posizione, Plutone presenta ancora un punto neutro :

$$R_{NPS}^* = \frac{R_{PI \min}^*}{1 + \left(\frac{m_s}{m_{PI}} \right)^{\frac{1}{2}}} = 54509 K_m > d .$$

Quando anche il punto neutro del pianeta Plutone sarà diminuito fino al valore $R_{NPS}^{**} < d$, ossia in corrispondenza del valore :

$$R_{PI \min}^{**} \leq d \cdot \left(\frac{m_s}{m_{PI}} \right)^{\frac{1}{2}} = 236 \cdot 10^6 K_m ,$$

In pratica, Quando il sistema Plutone – Caronte, seguendo la naturale evoluzione, giungerà in corrispondenza dell'orbita di Marte, nemmeno Plutone riuscirà più a trattenere il satellite Caronte all'interno del suo attuale punto neutro.

Da questo momento il satellite, poco legato, gradualmente si allontana passando sotto l'azione diretta dello spazio rotante solare.

I risultati teorici ci dicono che questo potrà accadere quando Plutone, durante la sua caduta verso il Sole, arriverà in corrispondenza della orbita di Marte.

Secondo queste relazioni, in uno spazio rotante, avvicinandosi alla sfera solare, tutti i sistemi si scindono formando pianeti senza satelliti.

Questa potrebbe essere la sorte toccata a Venere e a Mercurio e, con

ogni probabilità, toccherà alla Terra con la Luna che gradualmente si allontana al ritmo di 3,8 cm all'anno.

Trattandosi di un sistema doppio, Plutone e Caronte si comportano come una sfera unica di massa $m_{PC} = 1,5563 \cdot 10^{22} K_g$ con associati : punto neutro :

$$R_{NPC} = \frac{R_{PI}}{1 + \left(\frac{m_S}{m_{PC}} \right)^{\frac{1}{2}}} = 522364 K_m$$

e spazio rotante :

$$K_{PC}^2 = \beta \cdot m_{PC} = 1038,5 \frac{K_m^3}{sec^2}$$

Le caratteristiche associate all'orbita fondamentale risultano :

$$T_{1PC} = \left[\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R_{NPC}^3}{K_{PC}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = 851,967 g$$

$$V_{1PC} = \left[\frac{K_{PC}^2}{R_{NPC}} \right]^{\frac{1}{2}} = 0,044588 \frac{K_m}{sec}$$

Lo schema orbitale completo è dunque descritto dalle relazioni :

$$R_n = \frac{522364 K_m}{n^2 m^2 q^2} \quad ; \quad T_n = \frac{851,967 g}{n^3 m^3 q^3}$$

$$V_n = 0,044588 \frac{K_m}{sec} \cdot n m q$$

La rappresentazione schematica schematica risulta :

| | | | | | | | | |
|--------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|---------|-------|
| 522364 | 130591 | 58040 | 32648 | (20894) | 14510 | →10660 | →8161,9 | ••••• |
| ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | | |
| 391773 | 261182 | ↑ 97943 | (65295) | ↓ | ↑ | 24486 | 15671 | |
| ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | | | | |
| 293830 | 195886 | 73457 | (48971) | | | | | |

Per : $n = 5$; $n = (2 \cdot \sqrt{2})$; $n = (2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{4}{3}})$
 si ricavano rispettivamente le orbite di **Caronte**, **Idra** e **Notte** i cui periodi di rivoluzione risultano :

$$T_I = \frac{T_{1PC}}{(2 \cdot \sqrt{2})^3} = 37,652 \text{ g}$$

$$T_N = \frac{T_{1PC}}{(2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{4}{3}})^3} = 24,456 \text{ g}$$

Il raggio della sfera rotante che sostiene il moto di rivoluzione di Plutone risulta :

$$r_{P0} = \left(\frac{m_{PC}}{m_S} \right) \cdot R_{PI} = \left(\frac{1,5536 \cdot 10^{22}}{1,9891 \cdot 10^{30}} \right) \cdot 5900 \cdot 10^6 K_m = 46,08 K_m$$

essendo $r_{P0} < r_{PI}$, il pianeta presenterebbe un nucleo interno rotante alla velocità :

$$V_{PI} = \left(\frac{K_S^2}{R_{PL}} \right)^{\frac{1}{2}} = 4,743 \frac{K_m}{sec}$$

In realtà, il centro di massa del sistema è spostato, rispetto al centro del pianeta di :

$$C_{PIC} = \frac{d}{1 + \left(\frac{m_{PI}}{m_C} \right)} = 2253 K_m$$

Essendo $(C_{PIC} - r_{PO}) > r_{PI}$, il nucleo rotante risulta tutto esterno al pianeta e quindi non si ha alcuna produzione di energia termica.

Le altre caratteristiche di plutone risultano :

velocità di fuga :

$$V_f = \sqrt{\frac{2 \cdot K_{PI}^2}{r_{PI}}} = 1,259 \frac{K_m}{sec}$$

accelerazione al suolo :

$$g_{PI} = \frac{K_{PI}^2}{r_{PI}^2} = 0,683 \frac{m}{sec^2}$$

Osserviamo infine che il sistema orbitale di Plutone risulta quasi vuoto con poche eccezioni verso le orbite interne .

Questo vuol dire che il suo compagno Caronte non è stato acquisito in quella posizione con un meccanismo regolare, come potrebbe essere, per esempio, la " **cattura** " da parte di Plutone durante il moto di rivoluzione sull'orbita attuale.

Se così fosse, avremmo altre orbite occupate, soprattutto quelle periferiche, mentre invece così non è.

La coppia Plutone – Caronte si è realmente formata subito come **sistema doppio** e solo in tempi successivi il sistema ha acquisito, in seguito a eventi casuali, gli altri piccoli satelliti periferici.

La cattura casuale di corpi fuori dalla fascia di Kuiper, è estremamente improbabile sia per la mancanza di materiale che per le difficoltà che si incontrano nella realizzazione delle condizioni di moto richieste per l'accoppiamento stabile.