

– **Caratteristiche fondamentali di buchi neri e pulsar**

Un aspetto importante, che viene messo in evidenza nella teoria degli spazi rotanti, riguarda il segno della forza universale.

Essa infatti può assumere, in ogni caso, valori positivi o negativi **a seconda delle condizioni di moto relativo** e del verso di rotazione degli spazi rotanti che interagiscono.

Dato però che, come abbiamo visto, l'accelerazione capace di fornire le condizioni di equilibrio è diretta sempre verso il centro dello spazio rotante, la forza che viene esercitata tra sfera centrale e sfera satellite, in qualsiasi sistema " naturale " in equilibrio, è sempre attrattiva in quanto, diversamente, l'equilibrio non sarebbe possibile ed il sistema non esisterebbe.

Il legame tra le masse diventa stabile proprio perchè lo spazio rotante impone alla sfera planetaria una opportuna rotazione.

Se cambia il verso di rotazione oppure se aumenta la velocità relativa tra le due sfere materiali interagenti, la forza diventa **apparentemente** repulsiva e l'equilibrio viene distrutto.

Dunque la forza di repulsione, dall'organizzazione dell'universo, non è proprio prevista e si manifesta solo quando, forzatamente, si fanno interagire spazi equiversi oppure aggregati che non sono in grado di formare un sistema equilibrato.

Per esempio, questo si verifica quando si accostano due protoni oppure due elettroni preventivamente ottenuti rompendo l'equilibrio presente nell'atomo di idrogeno.

Questo però accadrebbe anche se tentassimo di far interagire due pianeti di uno stesso sistema solare prima che abbiano avuto il tempo di modificare le loro condizioni di moto associate all'equilibrio iniziale.

La grande differenza nei due casi consiste solo nelle difficoltà pratiche, in quanto, mentre riusciamo facilmente a procurarci due elettroni rotanti separati dall'atomo, non così facilmente riusciamo ad estrarre due pianeti dal sistema Solare.

E' sostanzialmente questa la ragione per la quale riusciamo a sperimentare la forza repulsiva solo nel primo caso.

I pianeti di uno stesso sistema solare, se, per una qualsiasi perturbazione, si avvicinano fino a interagire con i loro spazi rotanti, si respingono riprendendo la loro posizione iniziale ed è proprio grazie a questa repulsione che viene assicurata la stabilità del sistema.

Se così non fosse, essendo nell'universo le perturbazioni molto frequenti, **tutti i sistemi si ridurrebbero rapidamente ad un'unica sfera e non potrebbe esistere assolutamente nulla di tutto ciò che vediamo.**

Se si desidera sperimentare la forza " **gravitazionale** " repulsiva prevista dalla teoria, si deve imprimere artificialmente ad una massa (**la forma più opportuna è il disco**) una velocità di rotazione maggiore di quella imposta dalla condizione di equilibrio con lo spazio rotante in cui si trova.

Ritornando ora al nostro atomo, secondo quanto abbiamo finora visto, **sfere dotate di elevata rotazione propria**, nello stesso verso, **se non formano un sistema binario**, possono trovare equilibrio solo ad una distanza infinita o comunque maggiore del loro raggio d'azione .

Esse dunque si respingono e quindi, per esempio nell'atomo, diventa difficile immaginare la convivenza di Z protoni all'interno del nucleo .

E' però vero che noi abbiamo un esempio certo di convivenza di questo tipo : **gli elettroni nell'atomo.**

Dunque, secondo lo spirito unitario che abbiamo posto alla base della teoria "dell'equilibrio universale", il meccanismo da essi utilizzato deve potersi applicare anche al nucleo atomico.

Del resto, una situazione analoga si presenta in astronomia, **dove le masse planetarie, controrotanti**, sono distribuite su orbite precise all'interno del punto neutro e comunque a notevole distanza dal centro della sfera solare.

Quando invece si aggregano stelle rotanti nello stesso verso e di dimensioni analoghe, si creano nuclei doppi (più in generale multipli) formati da stelle binarie rotanti, entrambe nello stesso verso, ad una distanza tra loro **sempre molto piccola.**

Per chiarire meglio l'analogia di comportamento tra questi nuclei stellari ed i nuclei atomici, prendiamo in considerazione la materia stellare ordinaria nelle condizioni di massima compressione realizzabile, **assumendo il Sole come stella tipica.**

La massima compressione in assoluto, si ottiene con i protoni perfettamente a contatto tra loro, alla distanza minima :

$$r_{\min} = 2 \cdot r_{p0} = r_{1p} = 2,81794092 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

con gli atomi a questa distanza, il raggio del Sole diventa :

$$\begin{aligned} r_{\min S} &= \left(\frac{6}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot r_{p0} \cdot \left(\frac{m_s}{m_H} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{r_s}{2 \cdot P^2} = \\ &= \frac{696000 \text{ K}_m}{2 \cdot (137,0359895)^2} = 18,531474 \text{ K}_m \end{aligned}$$

Per il principio di conservazione del momento della quantità di moto, si ha :

$$m_s \cdot V_s \cdot r_s = m_s^* \cdot V_s^* \cdot r_{\min S}$$

e quindi si ricava :

$$V_s^* = \frac{m_s \cdot V_s \cdot r_s}{m_s^* \cdot r_{\min S}}$$

se si ipotizza, in prima approssimazione : $m_s = m_s^*$

si ottiene :

$$\begin{aligned} V_s^* &= \frac{r_s}{r_{\min S}} \cdot V_s = 2 \cdot P^2 \cdot V_s = \\ &= 2 \cdot (137,0359895)^2 \cdot 1,998 \frac{\text{K}_m}{\text{sec}} = 75040,3 \frac{\text{K}_m}{\text{sec}} \end{aligned}$$

Il periodo di rotazione risulta :

$$T_p^* = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\min S}}{V_s^*} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_s}{(2 \cdot P^2)^2 \cdot V_s} = \frac{T_{PS}}{(2 \cdot P^2)^2} =$$

$$= \frac{25,4 \text{ g}}{(2 \cdot 137,0359895^2)^2} = 1,5558 \cdot 10^{-3} \text{ sec}$$

Tale valore coincide con il minimo periodo di rotazione osservato in una stella ipotizzata di neutroni o pulsar.

Precisamente, la pulsar detta **PSR 1937 + 21** all'osservazione fornisce un periodo di $1,557 \cdot 10^{-3} \text{ sec}$.

Questa coincidenza può essere considerata una conferma dell' esistenza di queste stelle che hanno subito un collasso fino alla massima compressione.

Il valore di r_{\min} ci dice però che, nonostante sia stata applicata agli atomi di idrogeno il valore della forza massima raggiungibile :

$$F_{PP} = 10^{-7} \cdot C_1^2 \cdot \frac{q_p^2}{r_{1P}^2}$$

ossia, numericamente :

$$F_{PP} = 10^{-7} \cdot \left(2,99792458 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}\right)^2 \cdot \frac{\left(6,865386424 \cdot 10^{-18} \text{ Kg}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{m}^{\frac{1}{2}}\right)^2}{\left(2,81794092 \cdot 10^{-15} \text{ m}\right)^2} = 53346,7 \text{ N}_w$$

la sfera solare non raggiunge la condizione di " particella elementare " e nemmeno quella di " buco nero ".

Il valore minimo della massa richiesta per poter dare origine ad un buco nero si può ricavare imponendo che il valore r_{\min} alla massima compressione sia uguale al raggio del buco nero r_b .

Imponendo dunque :

$$\left(\frac{6}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot r_{p0} \cdot \left(\frac{m_{\text{bmin}}}{m_{\text{H}}}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{2 \cdot K_{\text{bmin}}^2}{C_i^2} = \frac{2 \cdot G \cdot m_{\text{bmin}}}{C_i^2}$$

con qualche semplice sostituzione si ricava :

$$m_{\text{bmin}} = \left(\frac{3}{32 \cdot \pi}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \alpha_{\text{eN}}^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{m_{\text{p}}^{\frac{3}{2}}}{m_{\text{H}}^{\frac{1}{2}}}$$

Sostituendo i valori numerici, si ottiene :

$$m_{\text{bmin}} = 31,20004 \cdot 10^{30} \text{ Kg} = 15,6855 \cdot m_{\text{s}}$$

Si noti che, essendo : $m_{\text{n}} \simeq m_{\text{p}}$ e $r_{\text{on}} \simeq r_{\text{op}}$

una stella di neutroni che abbia una massa uguale a m_{bmin} si comporterà come un buco nero.

In queste condizioni di massima compressione la densità della materia ordinaria, raggiunge il valore massimo :

$$\delta_{\text{max}} = \frac{\pi}{6} \cdot \delta_{\text{p}} = 0,747892 \cdot 10^{11} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

A questo punto, per maggiore chiarezza, possiamo riassumere dicendo che :

Una stella ordinaria termina il suo collasso quando i protoni si trovano a contatto tra loro ed in queste condizioni essa raggiunge la massima densità δ_{max} che può aumentare ulteriormente solo disintegrando i protoni, per cui di fatto non aumenta.

Normalmente la stella trattiene in orbita altri corpi celesti e dunque presenta l'asse magnetico sfasato rispetto a quello di rotazione.

Nella direzione dell'asse emette un impulso per ogni giro e viene per questo detta **pulsar**.

Essa continua in queste condizioni la sua normale evoluzione da sola oppure in coppia come una qualsiasi altra stella.

Se la sua massa aumenta fino al valore m_{bmin} , sempre con la stessa densità δ_{max} , la stella diventa un buco nero e teoricamente potrà solo più assorbire senza emettere nulla.

Dunque, da questo momento in poi, la sola evoluzione possibile è un aumento della massa con valore della densità costante.

Questo processo di assorbimento di materiali dallo spazio esterno non può più continuare però quando la velocità di equilibrio sulla sua superficie risulta uguale a quella della luce.

In queste condizioni, dalla superficie della stella, non solo non potrà sfuggire nulla, ma non può nemmeno entrare nulla senza superare la velocità della luce.

A questo punto, teoricamente, se non si scindono i protoni, non si può avere nessun'altra forma di evoluzione e si potrà rivelare la presenza del buco nero solo attraverso la presenza del materiale in orbita.

Esiste dunque anche un valore massimo per la massa di un buco nero, con la densità δ_{max} , che possiamo calcolare imponendo la condizione che è stata indicata.

La velocità di equilibrio sulla superficie vale :

$$V_{eq} = \left(\frac{K^2}{r} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{G \cdot m}{r} \right)^{\frac{1}{2}}$$

sostituendo : $m_{bmax} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{bmax}^3 \cdot \delta_{max}$ e ponendo $V_{eq} = C_l$

si ottiene :

$$r_{\text{bmax}} = \frac{C_1}{\left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \delta_{\text{max}} \cdot G \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$m_{\text{bmax}} = \frac{C_1^3}{\left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \delta_{\text{max}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot G^{\frac{3}{2}}}$$

Sostituendo i valori numerici, si ricava :

$$r_{\text{bmax}} = 65570,687 \text{ m} \quad ; \quad m_{\text{bmax}} = 88,31952 \cdot 10^{30} \text{ Kg} = 44,40175 \cdot m_s$$

Da questo momento in poi la materia che giunge dall'esterno sulla superficie si trova in una condizione di equilibrio con la velocità orbitale uguale al valore massimo C_1 e quindi non esercita alcuna pressione verso l'interno.

Questo vuol dire che tutti gli strati di materia che si aggiungono oltre il valore del raggio r_{bmax} sono formati da normali atomi non compressi che orbitano alla velocità della luce.

Dunque, l'evoluzione del buco nero continua con un aumento del raggio r_b , mantenendo il valore della velocità sulla sua superficie costantemente uguale al valore massimo C_1 .

Secondo la relazione che abbiamo dato per definire la particella elementare :

$$K^2 = C_1^2 \cdot r_1$$

il buco nero ha raggiunto la condizione di particella elementare e continuerà la sua evoluzione verificando, in ogni momento, la relazione :

$$\frac{m}{r_1} = \frac{C_1^2}{G} = 1,346936 \cdot 10^{27} \frac{K_g}{m}$$

Un buco nero di grandi dimensioni si presenta dunque sempre con un nucleo al centro avente le caratteristiche immutabili r_{bmax} , m_{bmax} , δ_{max} seguito da uno strato meno denso formato dalle masse che man mano si aggiungono.

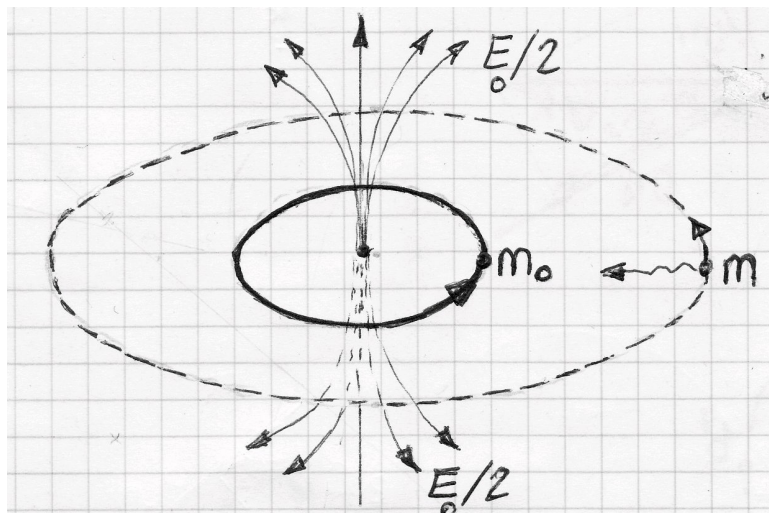
In definitiva, se un aggregato raggiunge la condizione caratterizzata dai valori δ_{max} , r_{bmax} , m_{bmax} , si comporta esattamente come una particella elementare e come tale non potrebbe più seguire alcuna forma di evoluzione.

In realtà nell'analisi che abbiamo fatto non abbiamo tenuto conto del fatto che il buco nero, come del resto qualsiasi sfera rotante in uno spazio fisico, non è affatto una struttura con simmetria sferica.

Sappiamo infatti che l'accrescimento della sua massa, per assorbimento dallo spazio esterno, è di gran lunga maggiore in prossimità dell'equatore rispetto alla zona polare.

Questo comporta che, quando nella zona equatoriale vengono raggiunte le condizioni estreme di una particella elementare, in corrispondenza dell'asse di rotazione si è ancora lontani da tale condizione.

Dato che, come particella elementare, un'ulteriore evoluzione del buco nero sarebbe impossibile, questa dissimmetria la rende possibile.



Bisogna infatti tenere presente che qualsiasi evoluzione di un sistema si può realizzare solo se vengono rispettati i principi di conservazione, che abbiamo posto alla base della teoria.

Prendiamo dunque in considerazione **il sistema isolato formato dal buco nero e dal suo spazio rotante** nel quale abbiamo la massa m , che parte dall'orbita di sponda e si precipita verso il centro.

Il sistema iniziale, non legato, presenta le seguenti caratteristiche :

- massa pari alla somma di quella centrale M_b più la massa m periferica.
- energia di legame uguale a zero
- quantità di moto in qualsiasi direzione uguale a zero.

Quando la massa m passa dalla periferia dello spazio rotante alla superficie della sfera centrale, alla quale è associata una velocità di rotazione prossima a quella della luce, all'energia di massa del sistema si aggiunge l'energia di legame della massa m al nucleo centrale

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_0^2$$

Per il principio di conservazione dell'energia, la massa del sistema si dovrà ridurre della quantità :

$$\Delta m = \frac{E_0}{C^2}$$

L'eliminazione dovrà realizzarsi verificando la conservazione della quantità di moto, che era inizialmente nulla.

Dato che i poli sono i punti in corrispondenza dei quali si ha il valore minimo della velocità di fuga, con valore circa uguale per i due poli, il nuovo equilibrio del sistema verrà raggiunto attraverso una emissione, approssimativamente simmetrica, **di energia e di massa** lungo l'asse di rotazione, come è stato schematizzato in figura.

Emissioni di questo tipo vengono realmente osservate in astronomia , anche con relativa frequenza.

Non dobbiamo però pensare che il fenomeno sia una caratteristica esclusiva dei sistemi stellari o dei buchi neri, in quanto il discorso che abbiamo fatto si applica identicamente a tutti gli spazi rotanti.

Naturalmente, l'emissione diventa più o meno vistosa in rapporto ai valori di energia in gioco.

L'osservazione astronomica ci dice che oltre il 50% delle pulsar sono binarie o multiple.

Sono cioè sistemi formati da **due pulsar molto vicine tra loro**, rotanti nello stesso verso attorno ad un centro di massa comune.

In questo caso è per noi facile pensare che il sistema sia legato dall'azione gravitazionale e come tale viene studiato, senza alcuna perplessità legata al fatto che si abbiano in realtà aggregati identici, **simili, nel comportamento, a particelle elementari**, in equilibrio a distanza molto ravvicinata.

Senza alcuna giustificazione, nascono invece problemi di interpretazione se si hanno due protoni.

In realtà, in entrambi i casi le masse interagenti soddisfano le stesse definizioni con le stesse regole e l'unica differenza risiede nelle loro dimensioni.

Esse però non intervengono nelle leggi che definiscono il loro comportamento.

Per completare l'analogia tra i due sistemi, consideriamo anche l'esistenza di un aggregato perfettamente equilibrato, come un grande atomo neutro di idrogeno, formato dal buco nero centrale di massa m_{bmax} con una sfera in orbita controrotante capace di schermare quasi completamente l'azione del suo spazio rotante.

Considerando $r_{ob} = r_{bmax}$, si ricava l'orbita fondamentale :

$$\begin{aligned} R_{pob} &= r_{ob} \cdot 2 \cdot P^2 = 65,570687 K_m \cdot 2 \cdot (137,0359895)^2 = \\ &= 2,462686 \cdot 10^6 K_m \end{aligned}$$

se su tale orbita si assume, come per tutte le particelle elementari, la velocità

orbitale fondamentale :

$$V_x = V_s = 2187691,415 \frac{K_m}{sec}$$

per il principio di conservazione del momento angolare , dovrà essere :

$$m_{bmax} \cdot C_l \cdot r_{bmax} = 2 \cdot \pi \cdot m_x \cdot V_s \cdot R_{P0b}$$

da cui si ricava :

$$m_x = \frac{m_{bmax} \cdot C_l \cdot r_{bmax}}{2 \cdot \pi \cdot V_s \cdot R_{P0b}} = \frac{m_{bmax}}{2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot P} \simeq$$

$$\simeq \frac{m_{bmax}}{1836,15} = 4,81 \cdot 10^{28} K_g$$

Il raggio della sfera con la quale la massa satellite rotorivolisce sulla R_{P0b} vale :

$$R_{P0x} = \frac{m_x}{m_{bmax}} \cdot R_{P0b} = 1341,2206 K_m .$$

A questo punto, possiamo prendere in considerazione sia l'interazione tra gli spazi rotanti associati ai protoni, per la formazione degli atomi più pesanti di quello dell'idrogeno, che di quelli associati ai buchi neri per dare origine a nuclei stellari di grandi dimensioni.