

UN TEST FONDAMENTALE PER LA TEORIA DELLA GRAVITAZIONE

Maurizio Michelini

La Relatività Generale è messa in seria difficoltà dalle recenti osservazioni al centro delle galassie a spirale di masse oscure i cui effetti gravitazionali sulle stelle circostanti sono pari ad alcuni milioni di volte quelli prodotti dalla massa solare.

Introduzione

Alla sua pubblicazione nel 1916 la Relatività generale aveva destato un moderato interesse con la spiegazione della residua discrepanza nell'avanzamento del perielio di Mercurio, discrepanza che recentemente ha trovato spiegazione anche nell'ambito della teoria newtoniana [1].

La consacrazione della Relatività generale fu piuttosto decretata (visto che le misure non diedero un risultato esattamente doppio di quello previsto da Newton) con la misura della deflessione della luce vicino al disco solare organizzata e gestita da Eddington durante l'eclisse solare del 1919. Molti anni dopo si è avuta anche la conferma del redshift gravitazionale con le misure effettuate mediante l'effetto Mossbauer. Ma il redshift gravitazionale è predetto anche da altre teorie.

Considerando l'affinità concettuale della nuova teoria con la Relatività speciale, ormai entrata nel novero dei grandi pilastri della fisica, le tre prove canoniche furono considerate sufficienti dalla scienza ufficiale per riporre una fiducia totale nella Relatività generale come *teoria dell'inerzia-gravitazione*.

Malgrado gli innegabili successi mietuti dalla R.G. in sessanta anni, alcune scuole di pensiero sono rimaste critiche per una ragione di fondo. Secondo la versione "forte" del principio di equivalenza, inerzia e gravitazione nascono *insieme* da uno stesso fenomeno fisico. La R.G. afferma che la causa risiede nella proprietà dello spaziotempo (generatore di forze inerziali fin dai tempi dello spazio *absolutum* di Newton) di curvarsi sotto l'azione delle masse per generare la forza gravitazionale. Secondo un diverso pensiero teorico il fenomeno fisico, ancora tutto da scoprire, è legato alla densità di energia del vuoto, per la quale già nel 1967 Y. Zel'dovic aveva ottenuto un valore compreso tra 55-120 ordini di grandezza in più della densità media dell'universo.

L'ascendente di cui ha goduto la R.G. si è attenuato negli ultimi decenni quando sono apparse sempre più evidenti le discrepanze tra le previsioni fornite dal modello relativistico dell'universo in espansione e le osservazioni cosmologiche eseguite mediante i telescopi orbitanti Hubble, Chandra, Newton (attivi nello spettro a raggi X) e i satelliti COBE e WMAP che raccolgono la radiazione infrarossa dell'universo.

E' noto che il modello relativistico dell'universo con *flat spacetime* predice una densità media di materia pari a

$$\delta_{cr} = 3H^2 / 8\pi G$$

che, adottando il valore medio di H ottenuto dalle osservazioni cosmologiche, risulta circa 30 volte maggiore della densità della materia luminosa osservata dagli astronomi, scarto che si riduce a 3-4 volte considerando nel conto anche la materia non luminosa individuata mediante gli effetti gravitazionali ad essa ascrivibili.

La discrepanza difficilmente può essere sanata ipotizzando la presenza di *ulteriore* materia invisibile (*missing mass*). E' stata allora proposta l'esistenza di una "materia oscura" con effetti gravitazionali e nuove proprietà non ben precisate. Ma gli astronomi sono molto scettici.

Secondo Krauss e Turner [2] la discrepanza potrebbe essere spiegata re-introducendo nei modelli relativistici una costante cosmologica, inizialmente introdotta da Einstein nel 1916 per studiare compiutamente un universo statico, ma in seguito abbandonata con l'avvento dei modelli in espansione. L.Krauss ha proposto la misura di distanze cosmiche mediante la tecnica delle *supernovae* Ia, che fungono da *candele standard* essendo la loro luminosità tendenzialmente costante in ogni regione dell'universo. Inaspettatamente queste misure, interpretate nell'ottica relativistica, hanno mostrato che l'universo espandendosi non sarebbe frenato (dalla gravitazione), ma sarebbe in fase *accelerante* [2]. La discussione sulla interpretazione del risultato è tuttora in corso. In sostanza la R.G. non appare in grado di spiegare le osservazioni se non ricorrendo ad ipotesi come quelle accennate, cosa che ha determinato negli addetti alla ricerca uno stato di insoddisfazione o più precisamente di "*expanding confusion*", secondo Davis e Lineweaver [3].

Il test decisivo per la teoria verrà probabilmente dalle recenti osservazioni di enormi "oggetti oscuri" galattici, ribattezzati impropriamente *black holes*. Nel 2002 R.Schoedel et al.[4] diedero notizia della scoperta al centro della Via Lattea, dopo aver per dieci anni osservato una stella su di esso orbitante, di un "oggetto" oscuro puntiforme i cui effetti gravitazionali sulle stelle vicine sono pari a quelli prodotti da una massa equivalente a 3.7 milioni di masse solari. Nel 2004 fu la volta, sempre nella stessa regione, di un "oggetto" minore con una massa di 1300 Soli. Infine, nel gennaio 2005, L.Miller [5] ha comunicato alla Conferenza dell'American Astronomical Society la scoperta, grazie alla fortunata osservazione di tre corpi luminosi orbitanti, di un "oggetto" con massa pari a 300.000 masse solari al centro di una galassia distante 170 milioni di anni-luce.

Questi fatti hanno creato una profonda incertezza tra gli esperti poiché gli oggetti oscuri appaiono troppo grandi per essere stelle di neutroni generate da stelle *supernovae* primordiali e troppo piccoli per costituire una ipotetica categoria di *quasars oscuri*.

Così stando le cose non basterebbero piccoli aggiustamenti, ma bisognerebbe completamente rivedere la teoria della forza gravitazionale.

1 - Generazione da supernovae massicce primordiali

Secondo la R.G. i *black holes* sono strani oggetti oscuri stellari con dimensioni inferiori al raggio di Schwarzschild, sulle cui proprietà gravitazionali hanno teorizzato decine di studiosi, trascurando il fatto che essi sono soggetti a un imbarazzante collasso illimitato già discusso ai tempi di R.Oppenheimer e recentemente dimostrato da A.Loinger [6] ripercorrendo criticamente i risultati teorici di Schwarzschild. Di conseguenza i *black holes* relativistici descrivono oggetti oscuri privi delle caratteristiche fisiche indispensabili per fare termodinamica (oggetti “fittizi”).

Oggetti oscuri con masse tra 3 e 21 Soli sono stati osservati in numerosi sistemi di stelle binarie. Essi provengono dalla contrazione di stelle di neutroni, a loro volta generate nel collasso esplosivo di stelle *supernovae*, le cui masse non possono ovviamente superare quelle statisticamente accertate negli ammassi stellari, dove la probabilità di stelle con massa maggiore di 150 Soli (mai osservate) è calcolata da D. Figer [7] pari a 10^{-8} . La famosa binaria di Plaskett, ad esempio, ha una massa non superiore a 75 Soli.

Sebbene gli astronomi ritengano improbabile che i mega-oggetti-oscuri possano avere questa provenienza, non sono mancati studi al riguardo. Un lavoro di R.Larson e V.Bromm [8] suggerisce che ai primordi delle galassie si potessero formare stelle con massa fino a 900-1000 masse solari, mentre un precedente lavoro di Abel, Bryan e Norman non andava oltre le 300 masse solari.

In sostanza la possibilità che gli oggetti galattici supermassicci derivino dall’esplosione di stelle supermassicce è ancora tutta da dimostrare. Anzi i risultati non convalidano finora questa tesi.

2 - Formazione di supermasse oscure mediante accrescimento gravitazionale

Sono stati in alternativa studiati modelli di formazione di grandi masse oscure mediante *accretion* gravitazionale di gas galattico [9], secondo i quali la massa raggiunta potrebbe salire fino a 10^9 Soli (cioè 10% della intera massa galattica). Consideriamo una stella primordiale massiccia (come suggerito da Larson e Bromm) che dopo una vita intorno a 10^8 anni, durante la quale ha soffiato via il restante gas della nube generatrice, esplose in *supernova* generando una stella di neutroni circondata (escludendo la materia gassosa emessa dalla supernova) da un gas interstellare a bassa densità intorno a 10^{-21} kg/m³.

In favore della stella di neutroni situata al centro della galassia può aver giocato il fatto che le più vicine stelle luminose (a differenza delle altre che spingono il gas verso l’esterno della galassia con velocità intorno a 5 km/s) avrebbero spinto *insieme* il gas verso la zona centrale. In condizioni favorevoli di contemporaneità si sarebbe potuto costituire attorno alla stella centrale una nube di gas di raggio pari alla distanza interstellare media ($\approx 10^{16}$ m) e con densità elevata intorno a $10^{-17} \div 10^{-15}$ kg/mc [M.R.Krumholz et al.,10]. Avendo sufficiente tempo a disposizione, poteva generarsi per *accretion* gravitazionale un oggetto oscuro fino a un massimo di circa 500 masse solari, pari al 5-10% della massa delle nubi più massicce, secondo i dati

riferiti in [10]. Infatti dal modello più sotto descritto la massa che può essere realmente sottratta per *accretion* a una nube di gas con temperatura ad es. di 100 °K (cui corrisponde una velocità media molecolare pari a 10^3 m/s) è quella contenuta entro una frazione del raggio della nube R_g .

La possibilità concreta che una stella di neutroni possa attirare a sé grandi quantità di gas interstellare *in competizione* con la formazione di nuove stelle, lascia alquanto scettici poiché i globuli di gas freddo (da cui nasceranno le stelle luminose) hanno, a parità di massa, la medesima gravità della stella di neutroni. Perciò è improbabile che quest'ultima abbia loro sottratto del gas.

Le elevate *accretion rates* di oggetti oscuri valutate dai citati modelli [9] sono molto simili a quelle derivanti dalle osservazioni astronomiche per le stelle di neutroni in sistemi binari, nei quali l'accrescimento a spese della compagna luminosa (osservato mediante i raggi X emessi dal gas accelerato in caduta sulla stella oscura) è risultato pari a $10^{-9} \div 10^{-8}$ masse solari all'anno. L'estensione agli oggetti oscuri galattici di questo particolare meccanismo di rapida crescita appare infondato a causa delle enormi distanze intercorrenti tra l'oggetto centrale e le più vicine stelle luminose alle quali attingere massa.

Un semplice modello di accretion gravitazionale

Lo scenario più probabile immagina una stella di neutroni primordiale che contraendosi e raffreddandosi divenne "oscura" (cessando quindi di emettere anche l'intenso soffio di radiazione X che riduce l'*accretion rate*) a causa dell'enorme redshift gravitazionale. Questa ipotesi comporta già un elemento che riduce l'accumulo complessivo, in quanto il tempo necessario al raffreddamento è molto lungo, dell'ordine di alcuni miliardi di anni. Secondo alcuni una stella di neutroni impiegherebbe più di 10^{10} anni per diventare oscura.

Poiché in realtà l'esistenza di oggetti oscuri è stata accertata, viene il dubbio che l'età di 10 miliardi di anni attribuita all'universo dai modelli cosmologici con espansione (Big bang) sia sottostimata, come suggerisce un recente lavoro [11] che riduce il valore misurato di H da 71 a 41.6, elevando di conseguenza l'età dell'universo a 17 miliardi di anni. Assumendo l'età standard, la fase attiva di *accretion* della stella di neutroni non dura più di 6-7 miliardi di anni.

Un semplice modello matematico può servire per fissare le idee in modo quantitativo. L'*accretion rate* gravitazionale proveniente da una nube di gas è dato dalla massa di gas con densità $\delta(r,t)$ che transita con velocità netta radiale $u(r,t)$ attraverso una superficie sferica a distanza r dall'oggetto oscuro di massa M

$$(1) \quad dM / dt = 4\pi r^2 u(r,t) \delta(r,t).$$

Fissiamo l'attenzione sulla parte più importante del fenomeno corrispondente alla situazione di regime in cui le grandezze in gioco hanno raggiunto distribuzioni spaziali $\delta(r)$ e $u(r)$ stabili che cambiano lentamente con il tempo. La velocità netta radiale, che nel caso di una nube di gas a bassa densità non-autogravitante si avvicina

alla velocità di caduta libera $u(r) = (2GM/r)^{1/2}$, risulta ridotta dalle continue collisioni delle molecole, che aumentano sempre più al crescere della densità del gas. Detto τ il tempo medio di volo molecolare, si dimostra che la velocità di contrazione della nube è

$$(2) \quad u(r) \cong (GM/r^2)\tau$$

dove $\tau = l_g/v_g$, essendo $l_g \approx (m/\sigma)_g \delta(r)$ il libero cammino medio nel gas, σ_g la sezione d'urto delle molecole e $v_g = (2kT/m)^{1/2}$ la velocità media molecolare legata alla temperatura del gas, mediamente pari a 100°K secondo gli astronomi. Essendo la temperatura di un gas poco influenzata dalla velocità d'insieme delle molecole, ne risulta che v_g rimane tendenzialmente uniforme lungo la maggior parte del tragitto. Sostituendo nella equazione precedente, si trova che la massa in movimento verso l'oggetto oscuro

$$(3) \quad dM/dt \approx 4\pi(m/\sigma)_g GM/(2kT/m)^{1/2}$$

non dipende da r , ma soltanto dalla massa gravitante e dalla temperatura del gas. Ciò poteva d'altronde dedursi dal fatto che in condizioni di regime la portata della massa in "caduta" non cambia lungo il tragitto e quindi può essere valutata anche a notevole distanza dalla massa M .

In queste condizioni la massa che si accumula sull'oggetto oscuro durante il tempo Δt produce un aumento percentuale della massa iniziale pari a

$$(4) \quad M(t)/M_0 \approx \exp [4\pi(m/\sigma)_g G\Delta t/(2kT/m)^{1/2}].$$

Fermo restando che la massa accumulata non può mai superare una fissata frazione della massa iniziale della nube, tale quantità dipende dal tempo a disposizione Δt . Se il gas è Idrogeno risulta $(m/\sigma)_g \approx 10^{-7}$, quindi l'accrescimento durante i 6-7 miliardi di anni ($\Delta t \approx 2 \times 10^{17}$) disponibili nel modello di universo in espansione, aumenterebbe dell'1,7% la massa iniziale della stella oscura. Supponendo invece che la nube sia *interamente* formata da polveri (spessore circa 2×10^{-8} m secondo Schalen), risulta $(m/\sigma)_p \approx 4 \times 10^{-5}$ e l'accrescimento potrebbe toccare un massimo di circa 900 volte la massa iniziale. In pratica se la stella di neutroni aveva una massa iniziale pari a 10-20 Soli, la massa dell'oggetto oscuro finale sarebbe al massimo pari a $9 \times 10^3 \div 1.8 \times 10^4$ masse solari.

3 - Critica del paradigma di massa gravitazionale

L'esistenza dei mega-oggetti oscuri galattici ci induce a negare che la R.G. costituisca una *teoria fisica* della forza gravitazionale. Ciò non impedisce che la R.G. fornisca ottimi risultati finché si rimane nei *limiti* della costante di gravitazione

newtoniana, che resta valida per tutte le masse stellari eccettuate, come vedremo, quelle superdense.

Per trovare una spiegazione soddisfacente ai mega-oggetti oscuri appare necessario sostituire il vecchio paradigma della massa “gravitazionale”, nata dalla intuizione di Newton e suffragata numericamente dalle successive misure, ma mai legittimata come sorgente di campo dall’indagine epistemologica [12]. Dopo l’avvento della teoria di campo elettromagnetico (Maxwell) che fornisce un quadro concettuale completo e razionale della interazione tra due cariche elettriche per mezzo di onde, la forza gravitazionale è stata oggetto di numerosi tentativi intesi a plasmarla sulla falsariga dell’interazione elettromagnetica.

A questo proposito sono illuminanti le parole di H.Bondi [13] «*Since Maxwell, following Faraday, formulated electromagnetism as a field theory, the myth arose that all theories which proved successfully had to be field-theories. For this reason I considered a great step in physics the work of Wheeler and Feynman aimed to reformulating the Maxwell’s theory in corpuscular terms*».

Tuttavia per la interazione gravitazionale non è stata provata l’esistenza delle onde o del misterioso gravitone. Né si è mai trovata l’origine fisica delle potentissime forze inerziali. Quale meccanismo fisico crea, in tempi talmente brevi da sfuggire alla misura, le forze necessarie a frantumare un disco d’acciaio rotante o a frenare un protone lanciato contro un target ?

Il tentativo di farle dipendere dal campo gravitazionale della masse lontane dell’universo (principio di Mach) appare ormai solo una antiquata congettura. In tempi recenti anche le osservazioni cosmologiche e astronomiche hanno gettato ulteriori dubbi sulla validità del paradigma “massa gravitazionale”.

4 - Necessità di un nuovo paradigma fisico

Recentemente è stato proposto [14] un nuovo paradigma fisico costituito da un flusso omogeneo di quanti con lunghezza d’onda λ_0 pari a circa 4×10^{-35} (lunghezza di Planck), responsabili della elevata densità di energia dello spazio “vuoto”. I quanti cosmici hanno questo nome perché pervadono l’universo penetrando attraverso le masse degli ordinari corpi celesti.

Innanzitutto questo paradigma permette di istituire una teoria *dell’origine della massa*, in quanto ogni particella elementare presenta verso i quanti una sezione d’urto σ proporzionale alla massa, cosicché il rapporto $A_0 = \sigma/m$ è una costante per tutte le particelle.

a) La meccanica relativistica

E’ stato dimostrato che il nuovo paradigma soddisfa le leggi della meccanica relativistica, spiegando in particolare l’aumento di massa al crescere della velocità e l’equivalenza massa-energia [14]. Lo spazio entro cui si muovono le masse non è più un ente matematico (sia pure deformabile per azione delle masse) come nella R.G.,

ma una specifica realtà fisica che *impone* alla materia in esso immersa le leggi del moto e della conservazione dell'energia.

Una particella con massa m_o in moto rettilineo uniforme con velocità \mathbf{v} sottoposta alle collisioni del flusso isotropo di quanti con energia $E_o = h_o \nu_o$ e quantità di moto E_o/c riceve, attraverso l'effetto Doppler relativistico, una quantità di moto anteriore \mathbf{q}_1 e una posteriore \mathbf{q}_2 realizzando un equilibrio dinamico con la particella quando la sua quantità di moto si attesta sul valore

$$(5) \quad \mathbf{q} = \mathbf{q}_1 - \mathbf{q}_2 = (E_o \sigma \phi_o / \nu_o c^2) \mathbf{v} / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

previsto dalla relatività speciale, quando si ponga $E_o \sigma \phi_o / \nu_o c^2 = m_o$, massa a riposo della particella.

Ovviamente dalla relazione (5) discendono, derivando rispetto al tempo, le forze d'inerzia, le quali non sono più generate dallo spazio vuoto, bensì dalle interazioni della particella con il flusso di quanti cosmici.

b) Il principio di equivalenza e la gravitazione

In accordo con la versione “forte” del principio di equivalenza, i quanti cosmici spiegano, oltre alle forze d'inerzia, anche la forza newtoniana attraverso la cessione di una piccola quantità di moto nelle collisioni Compton con le particelle costituenti le masse mutuamente schermanti.

Infatti la forza che spinge una particella di sezione d'urto σ verso una massa stellare (raggio R , distanza r) opaca ai quanti cosmici, dipende dalla differenza tra la quantità di moto E_o/c (centripeta) ceduta dal beam proveniente dallo spazio esterno e la quantità di moto E_n/c ceduta dal beam di quanti deboli provenienti dall'interno della stella. Essendo $\gamma(r) = \pi R^2 / 4\pi r^2$ l'angolo solido sotteso dalla stella, i due beams sono costituiti dalla frazione di flusso $\gamma(r)\phi_o$. Quindi la forza centripeta risulta

$$(6) \quad f(r) = \sigma \phi_o (E_o - E_n) R^2 / 4c r^2 .$$

Chiameremo questa forza “gravitazionale” anche se in realtà le due masse non si attirano, ma sono spinte l'una verso l'altra. A causa delle n collisioni Compton subite in media all'interno della massa, l'energia dei quanti uscenti si riduce al valore $E_n = E_o / (1 + nK_o)$, cosicché la forza diventa

$$(7) \quad f(r) \cong n (\sigma K_o \phi_o E_o) R^2 / 4c r^2 .$$

Introducendo ora lo spessore ottico della massa $a = A_o M / \pi R^2$ e sostituendolo nella precedente equazione si ottiene

$$(8) \quad f(r) \cong (n/a) [K_o \phi_o E_o A_o^2 / 4\pi c] M m / r^2$$

la quale assume un aspetto più familiare quando si ponga l'espressione tra parentesi quadra pari alla costante G

$$(9) \quad f(r) \cong (n/a) G M m/r^2.$$

Il rapporto (n/a) è chiamato *fattore di gravità* poiché va a moltiplicare la forza newtoniana.

Si dimostra che $(n/a) \geq 1$ poiché mentre a (spessore ottico) rappresenta il numero di urti di un quanto che si muovesse in linea retta, n è invece il numero di urti realmente subiti, ognuno dei quali comporta una certa deviazione. Se la massa è molto densa, il quanto può zigzagare a lungo prima di uscire e (n/a) diventa molto maggiore di 1.

c) Supergravità delle masse molto dense.

Finché lo spessore ottico delle masse non supera certi limiti risulta $n \cong a$, quindi la forza definita dalla eq.(4) coincide con la forza newtoniana. La supergravità nasce fisicamente dal fatto che i quanti cosmici E_n escono indeboliti, dopo ripetuti urti, dalla massa e quindi la forza gravitazionale viene a dipendere anche dalla variabile energia. Il numero n si calcola imponendo, per la stabilità di una stella, che la pressione gravitazionale sia equilibrata dalla pressione del gas. Nel caso di atomi e molecole, la pressione è data dall'equazione dei gas ideali, mentre nella stella di neutroni la pressione è quella della materia allo stato degenere.

Nel primo caso il fattore di gravità risulta $(n_{eq}/a) \cong 1$. Nel caso delle nane bianche, aventi uno spessore ottico $a \approx (3 \div 7) \times 10^5$, il fattore di gravità è pari a qualche unità. Nelle stelle di neutroni l'equilibrio delle pressioni fornisce il valore

$$(5) \quad (n_{eq}/a) \cong 5.8 \times 10^{17} \delta^{1/3} (1 + \chi) / M^{2/3}$$

dove χ è il rapporto tra la pressione di radiazione e la pressione del gas. Sostituendo la densità media di una stella di neutroni (massa M pari ad alcune masse solari) il fattore di gravità risulta intorno a 10^3 , mentre raggiunge un valore superiore a 10^6 quando la densità della stella di neutroni tocca il massimo dell'ordine di $10^{26} \div 10^{28}$ [14].

5 - Effetti del nuovo paradigma

Il principale effetto qui messo in evidenza riguarda la genesi degli oggetti oscuri supermassicci osservati nei centri delle galassie. Non si tratterebbe infatti di supermasse, ma di supergravità originate da stelle di neutroni superdense, ma di massa ordinaria. Gli effetti pratici e concettuali introdotti dal nuovo paradigma sono diversi [14]. Ricorderemo solo i più importanti.

- *Il collasso gravitazionale illimitato.*

Il primo requisito teorico soddisfatto dal nuovo paradigma sta nella scomparsa del collasso gravitazionale illimitato, che affliggeva sia la gravitazione newtoniana, sia quella relativistica. Durante la contrazione della stella il fattore (n_{eq}/a) cresce con la densità. Va da sé che quando δ raggiunge il massimo (legato alla sezione d'urto σ dei nucleoni) allora la forza gravitazionale non cresce più. In tal modo scompare il paradosso del collasso illimitato.

- *La natura dei black holes*

Sotto queste nuove ipotesi il redshift dei fotoni emessi da una grande massa cresce con *continuità* (legge termodinamica) anche quando il raggio diventa minore del raggio di Schwarzschild.

Al contrario la R.G. prevede che il redshift subisce una discontinuità alla frontiera di Schwarzschild, cosicché la massa in contrazione diventa improvvisamente invisibile.

Ciò ha originato una serie di congetture sulle proprietà del *black hole* privandolo di ogni usuale caratteristica fisica. A questo proposito A.Loinger [15] ha analizzato le vecchie proprietà del *Dark Body* già studiate da Michell e Laplace nell'ambito della teoria newtoniana corpuscolare della luce. Ebbene, queste proprietà (che prevedono l'impossibilità per una particella di luce di sfuggire al campo gravitazionale del dark body) sono passate acriticamente nella R.G. provocando guasti.

Al contrario, nella concezione ondulatoria della luce i fotoni emessi superano la barriera di Schwarzschild, subendo tuttavia l'effetto frenante della gravitazione con un aumento esponenziale del redshift secondo criteri termodinamici.

Questa differenza nel concepire le proprietà degli oggetti oscuri dovrebbe apparire manifesta nei sistemi binari nei quali esiste la possibilità che le stelle di neutroni in contrazione continuino ad emettere radiazione fortemente *shiftata* anche dopo aver superato il raggio di Schwarzschild.

Nel nuovo paradigma la forza gravitazionale dell'oggetto oscuro permane all'esterno inalterata.

Ciò è ovvio in quanto la gravità è legata ai quanti cosmici, che sono una realtà del tutto svincolata dalle interazioni di campo subite da particelle e fotoni.

Viceversa la R.G. non spiega perché la curvatura dello spazio, che produce il redshift della radiazione *elettromagnetica*, non riduce anche la frequenza delle ipotizzate *onde di campo gravitazionale*.

- *La massa mancante nelle galassie a spirale*

Le osservazioni astronomiche mostrano che la massa totale delle stelle lungo il raggio galattico $\Sigma_i M_i (r)$ non è sufficiente a legare gravitazionalmente le stelle [16] poiché le velocità di rotazione osservate sono praticamente costanti lungo i bracci della spirale, mentre le velocità newtoniane $v^2 = G \Sigma_{ii} M_i(r)/r$ diminuiscono. Questa

discrepanza è stata spiegata introducendo una massa gravitazionale “nascosta”. Una spiegazione razionale può essere trovata tenendo conto del fattore di gravità (n_{eq}/a) delle stelle superdense, il cui numero è alto nella galassia. Ad esempio secondo P.Kroupa [17] la popolazione di stelle più abbondante è costituita dalle nane bianche, rosse e marrone il cui fattore di gravità è pari ad alcune unità. A ciò si deve aggiungere il contributo degli elevati fattori di gravità (circa 10^3) delle stelle di neutroni, moltiplicati per la relativa popolazione.

- *Selfscattering dei quanti cosmici*

La possibilità che i quanti cosmici possano interagire tra loro attraverso una piccolissima sezione d'urto, origina la possibilità che la costante G si riduca esponenzialmente nello spazio vuoto tra clusters di galassie, i quali secondo gli astronomi potrebbero non essere affatto legati da forza gravitazionale.

In tal caso i clusters galleggerebbero staticamente nello spazio riempito dai quanti cosmici. Il redshift delle galassie misurato da Hubble avrebbe un'origine diversa dall'espansione dell'universo, il quale risulterebbe di tipo statico-evolutivo.

Riferimenti

1 - C.Santagata, “On Newton’s Paradoxes”, *Journ. of Theoretics* (Dec.2002)

2 - L.Krauss, M.Turner “Rompicapo cosmico”, *Le Scienze/Scientific American*, Nov.2004

3 - T. Davis, C. Lineweaver, “Expanding confusion: common misconceptions of cosmological horizons..” *arXiv: astro-ph/0310808*, (Nov.2003)

4 - R.Schoebel, T.Ott et al.”A star in a 15.2 years orbit around a supermassive black hole at the centre of the Milky Way”, *Nature*, **419**, 694-696 (2002)

5 - L.Miller et al. , Communicat. Amer. Astron. Soc. Conference, *Nature News*, DOI 10.1038/050110-6 (January 2005)

6 - A.Loinger, “On continued gravitational collapse”, *arXiv: astro-ph/0001453* (Jan. 2000)

7 - D.Figer, “An upper limit to the masses of stars”, *Nature*, **434**, 192-194 (2005)

8 - R.Larson, V.Bromm, “Le prime stelle dell’universo”, *Le Scienze/Scientific American*, (2002)

9 - T.Heckman, G.Kauffmann, et al.”Present-day growth of black holes and bulges: the Sloan digital Sky Service Perspective, *Astron. Jour.* **613**,109-118

- 10 - M.Krumholz, C. Mackee, R. Klein “The formation of stars by gravitational collapse rather than competitive accretion”, *Nature* **438**, 332-334
- 11 - R.Collins, “The shrinking Hubble constant”, arxiv- physics /0601013 (Jan.2006)
- 12 - P.W. Bridgman, “*La critica operativa della scienza*”, Boringhieri (1969)
- 13 - H. Bondi “*Assumption and Myth in Physical Theory*”, Cambridge Univ. Press. (1967)
- 14 - M.Michelini, “The cosmic quanta paradigm fulfils the relativistic mechanics, improves the gravitation theory and originates the nuclear force”, *arXiv: physics/0509017*, (2005)
- 15 - A.Loinger, “On Michell-Laplace dark body”, *arXiv: physics / 0310058 v2*
- 16 - A.Aguirre, C.Burgess, A.Friedland, D.Nolte, “Astrophysical constraints on modifying gravity at large distances” *Class. Quantum Gravity*, 18, 223-232 (2001)
- 17 - P.Kroupa, “Stellar mass limited”, *Nature News & Views*, Vol.434,148-149 (2005)