

Parte 3: Nascita e morte della Materia

Primo Galletti Aldo Aluigi

Roma, 31 Agosto 2001

Oltre ai fenomeni di grande intensità descritti in precedenza ¹, sui grafici prodotti dal rivelatore é possibile rilevare anche fenomeni di intensità minore.

Se si amplifica il segnale di 100 volte si possono *vedere eventi che hanno tempi caratteristici che vanno da alcune centinaia di secondi fino a qualche migliaio di secondi con una intensità di alcuni mV*. Questi eventi di *bassa intensità* si presentano sotto forma di incavi ("notches") sovrapposti al segnale principale ed é possibile vederli soltanto in momenti di relativa calma. Non si registrano eventi di caratteristiche temporali intermedie.

Con la costruzione e messa a punto del sensore a LED é stata spinta ulteriormente la risoluzione temporale, registrando anche eventi di *bassissima intensità* con tempi caratteristici che vanno da circa 1/10 di secondo fino al 1/100 di secondo e la cui intensità arriva fino a $100 \div 200 \mu\text{V}$.

L'analisi di questi fenomeni di intensità minore, insieme alla scoperta dei *Quasar a Nucleo Multiplo* (QNM), ci ha indotto a rivedere in modo sostanziale i meccanismi stessi di funzionamento dell'Universo.

1 "Bolle" di nuova materia

Se si analizzano con attenzione i diagrammi prodotti dal rivelatore nei momenti di relativa calma del segnale rivelato, é facile individuare sulla cresta alcuni incavi ("notches") ².

Nei **Grafici 1997_N1** e **1997_N2** si vedono in modo molto chiaro alcuni di questi "notches" (v. circoli 1, 2, 3 e 4) che si sono presentati nei giorni 21, 22 e 23 Settembre 1997. Nel **Grafico 1998_N1** si vede abbastanza bene un'altro "notch" (v. circolo 1), molto simile a quelli precedenti, che si é presentato il 22 Dicembre 1998.

Si tratta di eventi che hanno una durata di circa $3,000 \div 4,000$ secondi e la cui ampiezza é di $2 \div 3$ mV. Di questi relativamente "piccoli" eventi se ne osservano

¹Si veda la **Parte 2** di *Un Rivelatore di Onde Gravitazionali*

²Questi fenomeni si sono iniziati a vedere nel mese di Settembre in quanto é un mese in cui l'escursione termica giorno-notte é molto piú contenuta. Con l'introduzione della seconda camera termostatica é stato possibile vederli bene anche in altri periodi dell'anno.

uno ogni tanto in quanto poiché erano facilmente mascherati dalle onde di grande intensità prodotte dai collassi dei nuclei dei QNM.

La particolare forma ci ha portato, fin dall'inizio, ad escludere che si potesse trattare di disturbi esterni in quanto questi avrebbero dovuto generare più facilmente picchi positivi. Inoltre, la durata relativamente lunga ci ha indotto a pensare che si dovesse trattare di qualcosa di molto diverso ³

Purtroppo, non è possibile determinare il redshift di questi eventi in quanto le onde non hanno la caratteristica forma a "forchetta".

Cosa rappresentano questi "notches"? Per la loro natura e origine si vuole azzardare la seguente ipotesi: *si tratterebbe di "ingressi" di "nuova" materia nell'Universo ossia di materia, composta da idrogeno, che "nasce" per la prima volta la quale condensando andrebbe a costituire i giovani ammassi stellari.*

Avrebbero, dunque, questa origine i *giovani ammassi stellari che si vedono anche al di fuori del piano galattico e le notevoli quantità di materia sotto forma nubi di idrogeno* ⁴.

Queste nubi di idrogeno appena nate espandendosi si raffredderebbero andando a formare i giovani ammassi stellari i quali, a loro volta, andrebbero a costituire le piccole galassie per essere, poi, attratti da galassie di più grandi dimensioni riformando queste ultime di materia fresca. Pertanto, le galassie di cui risulta composto l'Universo altro non sarebbero che una continua aggregazione di questi giovani ammassi stellari.

2 Onde gravitazionali di breve durata

Per poter esplorare il campo degli eventi di più breve durata è stato costruito un rivelatore del tutto analogo al precedente ma che utilizza una luce LED al posto del tubo a vuoto ⁵.

Di questi *rivelatori a LED* ne sono stati costruiti due e sono stati collocati in due scatole di ferro stagnato, ermetiche, ed alimentate con batterie contenute all'interno delle scatole stesse. Si sono dovuti usare questi accorgimenti, per eliminare i rumori di origine elettromagnetica che venivano introdotti sia attraverso la rete elettrica di alimentazione sia con le onde elettromagnetiche. In questo modo è stato possibile amplificare i segnali rilevati di 10^4 volte senza alcun problema. Un tale guadagno è stato ottenuto mediante due stadi di amplificazione accoppiati in corrente alternata

³Infatti, per come risulta costruito il ponte di Wheatstone dello strumento, l'unica possibilità per avere picchi negativi della tensione V_{CD} è che possa interrompersi o ridursi la corrente attraverso il fotoresistore. Viceversa, i picchi positivi possono essere causati da interruzioni di corrente attraverso la resistenza variabile DVR .

⁴Non possono essere le nubi formate dalle esplosioni di supernove in quanto quest'ultime contengono metalli pesanti, per cui si tratterebbe di oggetti celesti vecchi!

⁵Il rivelatore con il tubo a vuoto è, anch'esso, in grado di registrare molto bene gli eventi di breve durata. E lo fa anche con maggiore efficienza (invece dei $100 \div 200$ mV è in grado di fornire un segnale di circa 1 mV in quanto il tubo a vuoto emette luce su uno spettro più ampio del LED). L'utilizzo del LED ha consentito una più facile costruzione e messa a punto. Inoltre, i problemi di stabilità sul lungo termine rilevati sui LED non hanno, qui, molta importanza.

con un primo stadio avente un guadagno di 10^3 volte ed uno stadio finale (a piú bassa impedenza di uscita) avente un guadagno di 10 volte. La banda passante é compresa tra da alcuni Hz fino a 10 kHz.

I due segnali uscenti dalle due scatole sono stati inviati all'ingresso di una scheda audio (si tratta della **AVE 64 GOLD**) per Personal Computer (PC) e registrati sul PC stesso.

La scheda audio ha una frequenza di campionamento di 44 kHz ed utilizza due convertitori analogico/digitali (ADC) a 16 bit di risoluzione.

L'ampiezza del segnale in uscita da ciascun sensore va da circa 10 mV fino a circa 200 mV per cui amplificandolo 10^4 volte si ottiene un segnale in ingresso alla scheda audio del PC fino a circa 2 V.

Con l'inserimento di una resistenza di basso valore (e.g. $100 \div 1000 \Omega$) in ingresso al primo stadio di amplificazione e amplificando ulteriormente via PC il segnale di 100 volte é stato possibile vedere il rumore generato dall'amplificatore, mentre spegnendo lo strumento e amplificando ulteriori 10 volte via PC si riusciti a vedere il rumore prodotto della scheda audio ⁶.

Riepilogando si ha, quindi:

- 2 V (picco-picco) per il segnale alla scheda audio
- 200 μ V (picco-picco) per il segnale dal rivelatore
- 2 μ V (picco-picco) per il rumore dell'amplificatore
- 200 nV (picco-picco) per il rumore della scheda audio

Nelle **Foto 1** e **2** sono riportate due tracce di registrazione del segnale proveniente da una delle due scatole. La durata totale di ciascuna di essi é di 100 millisecondi. La scala delle ampiezze é di 2 V e corrisponde, quindi, a 200 μ V del segnale dei sensori.

Sulla prima traccia (v. **Foto 1**) si possono vedere onde con intensitá di $100 \div 200 \mu$ V e durata media di circa 10 millisecondi.

Sulla seconda traccia (v. **Foto 2**) si possono vedere, nella parte centrale, onde molto piú piccole con un'ampiezza tipica di circa $10 \div 20 \mu$ V e una durata media di circa 2 millisecondi ⁷.

La **Foto 3** riporta uno spettrogramma ottenuto da un periodo di registrazione della durata di 1.5 secondi, in cui é possibile avere una conferma di quanto poc'anzi detto.

Infine, nelle **Foto 4** e **5** sono mostrati gli spettrogrammi tridimensionali della corrispondenti a 2 minuti di registrazione e pari ad un file di 10 Mbytes di dati. Il primo si riferisce al segnale proveniente da uno solo dei due strumenti, mentre nel secondo sono messi a confronto i segnali provenienti da entrambi gli strumenti.

⁶La frequenza tipica del rumore della scheda audio é risultata di circa $10 \div 15$ kHz per cui é stato possibile identificarlo con precisione e, quindi, isolarlo.

⁷L'ascolto audio in diretta questi continui collassi é un rumore terrificante, molto simile a quello della caduta di una valanga e di un fortissimo terremoto, uniti insieme.

Una caratteristica importante di queste onde, che le differenzia in modo sostanziale dai precedenti "notches" é la loro forma: *sono costituite da un picco positivo immediatamente seguito da uno negativo.*

Cosa rappresentano queste onde? La durata relativamente breve di questi segnali ci fa ritenere che si tratti di *eventi generati da oggetti con caratteristiche simili al Sole che cadono in continuazione su corpi celesti molto massicci.* Più precisamente, le onde più grandi sarebbero generate dalla caduta di stelle sui nuclei supermassicci che costituiscono i QNM, mentre le onde di più bassa intensità sarebbero prodotte dalla caduta di stelle su corpi celesti meno massicci quali sono i *comuni quasar* che si trovano al centro di alcune galassie.

La semionda positiva rappresenterebbe il collasso della stella durante la sua caduta nel campo gravitazionale, mentre la semionda negativa rappresenterebbe l'esplosione di questa al momento dell'impatto con la superficie.

Quando una stella cade su uno di questi nuclei supermassicci, il primo impatto avviene con il guscio esterno ad alta temperatura per cui la stella perde tutta la sua parte gassosa. Il nocciolo della stella prosegue, invece, la sua corsa schiantandosi sulla superficie del nucleo.

3 Il ciclo di vita della materia

É opportuno, a questo punto, riassumere quanto risulta dopo l'analisi delle registrazioni prodotte in questi sette anni dal rivelatore (circa 60 mila ore di funzionamento continuo), riprendendo, in parte, quanto é stato già detto.

1. L'Universo sembra essere governato da questi QNM supermassicci, formati da un elevato numero di nuclei (alcune decine) che orbitano strettamente l'uno intorno all'altro come fanno le stelle di un ammasso globulare compatto ⁸.

Il raggio di ciascun nucleo non dovrebbe superare i $2 \div 3$ giorni-luce, mentre le dimensioni complessive di questi QNM non dovrebbero superare i 3 mesi-luce di raggio.

2. La struttura interna di questi QNM non é visibile con strumenti rivelatori di onde elettromagnetiche perché questi oggetti sono avvolti da una densa nube di gas ad alta temperatura che *non permette di vedere la loro struttura interna. La loro struttura interna é visibile soltanto ai rivelatori di onde gravitazionali* ⁹.

⁸Questi QNM non vanno confusi con i *comuni quasar* che si osservano al centro di alcune galassie giganti. I primi sono oggetti supermassicci che possono vivere soltanto al centro di un ammasso di galassie.

⁹Si potrebbe vedere la caduta di un oggetto stellare che cade sulla superficie di un nucleo soltanto nel caso che ciò avvenga ai poli. In tale caso, a causa della elevata velocità di caduta, verrebbe emesso un *lampe di raggi gamma molto energetico.*

3. I nuclei di questi QNM vengono continuamente alimentati con la materia costituita da stelle, pianeti, polvere, gas, etc..., che costituiscono le galassie le quali cadono in continuazione su di

4. Questi QNM sono tanto piú vecchi quanto maggiore é il numero di nuclei di cui sono costituiti ¹¹.

5. Quando un nucleo raggiunge la massa critica collassa nel giro di 3 giorni circa, generando localmente una quantità di energia talmente elevata da riuscire a "curvare" lo spazio intorno sé e, in un tempo estremamente breve, "uscire" dall'Universo. Una volta "uscito" il nucleo rimane "sepolto" nello spazio e non fa piú sentire i suoi effetti gravitazionali.

Poiché l' "uscita" del nucleo avviene in tempi molto brevi, l'involucro di gas ad altissima temperatura che lo circonda, molto probabilmente, non fa in tempo a uscire completamente rimanendo, in parte, nell'Universo.

É probabile che alla fine del collasso generale, nel QNM rimane un solo nucleo che si é divorato tutta la materia circostante e non ha piú a disposizione materia per collassare.

6. Durante il collasso di un nucleo vengono generate onde gravitazionali talmente intense da fare in modo che alcuni dei nuclei collassati in precedenza, rimasti "sepolti" nello spazio, possano riemergere e rientrare a far parte del Quasar, per poi collassare quasi subito dopo.

7. Questi particolari QNM, a causa della loro elevatissima massa, agiscono come dei *potentissimi attrattori* aspirando tutta la materia che si trova nelle loro vicinanze, galassie comprese.

Secondo le attuali stime, *la massa di ciascun nucleo dovrebbe aggirarsi intorno ad alcuni miliardi di masse solari.*

8. Il campo gravitazionale che questi oggetti generano é tanto intenso da deflettere la luce anche a centinaia di migliaia di anni-luce di distanza ¹².

L'energia che viene generata localmente sotto forma di onde gravitazionali durante i collassi di questi nuclei é enorme. Si tratterebbe di un valore che é equivalente a circa 10^{29} masse solari. Ossia, massa di gran lunga superiore alla massa totale presente nell'Universo visibile!

La spiegazione di questo apparente paradosso é la seguente: *con la materia collassa anche una parte di spazio che questa trattiene intorno a sé.*

essi.

Le galassie che possiedono un nucleo (ossia, hanno al loro interno un *quasar di tipo comune*) conferiscono al QNM anche il loro nucleo che entra a far parte del gruppo di nuclei che lo costituiscono, aumentandone le capacità attrattive ¹⁰.

Si tratterebbe di un fenomeno analogo ai *getti superluminali* che si osservano nei nuclei di alcune galassie, in cui é possibile vedere soltanto quello che diretto verso di noi.

¹¹Quando si osservano collassi con poche "forchette" significa che si tratta Quasar giovani.

¹²Un esempio spettacolare di questi QNM é rappresentato dall'ammasso di galassie **Abell 2218**.

9. Oltre ai suddetti fenomeni di elevata intensit  energetica che avvengono nei QNM in cui la materia esce ed entra in continuazione dall'Universo, si verificano anche fenomeni di intensit  inferiore che sono rappresentati dai "notches".

Questi "notches" altro non sarebbero che *ingressi nell'Universo di "nuova" materia, ossia di materia che nasce per la prima volta* ¹³. Si tratta di *fenomeni spontanei che riforniscono di nuova materia e, quindi, di energia l'Universo*. Si tratterebbe di "bolle" di massa compresa tra *qualche milione fino a qualche decina di milioni di masse solari*. La loro formazione dura alcune migliaia di secondi.

10. Di queste "bolle" sembra che ne nascano un p  dovunque ed in continuazione. Questa nuova materia sembra nascere lontano da grandi concentrazioni di materia ¹⁴.

Si pensa che queste "bolle" siano costituite da di intense nubi di idrogeno le quali raffreddandosi condensano e quelle pi  grandi vadano a generare i giovani ammassi stellari rifornendo le galassie di materia fresca. Le "bolle" pi  piccole, invece, non riuscendo a condensare tendono a rimanere nubi di gas.

4 Tentativo di bilancio di materia dell'Universo

Si vuole riportare, qui di seguito, un primo bilancio di materia dell'Universo anche se con alcune incertezze ¹⁵.

Materia presente nell'Universo visibile. Per quanto riguarda la massa, M_U , che si trova nella porzione di Universo visibile, le stime ad oggi forniscono un valore intorno a 10^{23} masse solari (M_\odot). Tale valore, per , non corrisponde alla massa "propria" ma alla massa "gravitazionale" ossia, include anche la "materia oscura" sulla cui entit  ci sono ancora molte incertezze. Pertanto, abbiamo preferito utilizzare un diverso metodo di calcolo, a nostro avviso pi  attendibile.

A causa della continua espansione, l'energia della Radiazione di Fondo Cosmica (CMB) rappresenterebbe tutta la materia di cui l'Universo sarebbe costituito. In **Appendice A.2**   riportato il calcolo di M_U che utilizza i dati pi  recenti relativi

¹³Per questo motivo si   parlato in precedenza di *vecchia materia riciclata*, per distinguerla da queste "bolle" di nuova materia che entra per la prima volta nell'Universo.

¹⁴Le "bolle" sono molto "leggere", per cui possono "entrare" pi  facilmente laddove lo spazio   pi  meno "addensato". I nuclei dei QNM essendo molto compatti e pesanti, possono "entrare" nell'Universo soltanto a seguito di forti perturbazioni locali dello spazio, come quelle che si hanno durante i collassi dei nuclei stessi.

¹⁵Una di queste incertezze riguarda la costante di Hubble il cui valore, molto discusso ancora oggi, sarebbe compreso tra 15 e 30 km/s per milione di anni-luce (ossia, tra 40 e 80 km/s per Mpc).

alla CMB. Da questo calcolo risulta che:

$$M_U = 1.7 \cdot 10^{21} M_\odot$$

Espansione dell'Universo. Per consentire all'Universo di espandersi e nello stesso tempo di rimanere stazionario su grande scala, *deve nascere piú materia di quella che scompare con i collassi dei nuclei dei QNM*. La quantità di materia necessaria a far fronte alla sola espansione é data da:

$$\frac{\Delta V_U}{V_U} M_U = 1.5 \cdot 10^{-10} \cdot 1.7 \cdot 10^{21} M_\odot \approx 250 \cdot 10^9 M_\odot/\text{anno}$$

dove il calcolo del termine $\Delta V_U/V_U$ é riportato in **Appendice A.1**.

Materia che collassa con i QNM. Dalle analisi delle onde di breve durata é stato possibile rilevare che cadono sui nuclei dei QNM *in media 20 ÷ 30 oggetti stellari al secondo*. Nell'ipotesi che questi oggetti abbiano caratteristiche simili al Sole, si avrebbe un flusso di materia che collassa in un anno pari a:

$$\Delta M_{\text{collassi}} \approx 25 (3,600 \ 24 \ 365) M_\odot = 25 \cdot 31.5 \cdot 10^6 M_\odot \approx 0.8 \cdot 10^9 M_\odot/\text{anno}$$

Se, supponiamo, lo strumento sia in grado di vedere queste onde di piccola intensità fino a circa $1/4 R_U$, dovremmo moltiplicare il suddetto valore per 64 e potremmo trascurare la correzione dei conteggi a causa del redshift. Si avrebbe, quindi:

$$\Delta M_{\text{collassi}} \approx 2 \cdot 64 \cdot 0.8 \cdot 10^9 M_\odot \approx 100 \cdot 10^9 M_\odot/\text{anno}$$

dove é stato inserito un pó arbitrariamente un fattore 2 per tenere conto della materia non costituita da oggetti delle dimensioni del Sole (pianeti, polvere, gas, etc...) che cadendo sui nuclei non producono onde gravitazionali di intensità tale da essere rilevati.

Massa (critica) del nucleo di un QNM. Tutta la materia che cade sui nuclei dei QNM prima o poi, "uscirá" dall'Universo. Poiché i nuclei che collassano hanno caratteristiche molto simili tra di loro (nuclei "standard") possiamo scrivere:

$$\Delta M_{\text{collassi}} = \Delta n_N M_N$$

dove Δn_N é il numero medio di nuclei che collassa in un anno e M_N é la massa del singolo nucleo.

Dalle registrazioni fino ad oggi effettuate é stato possibile rilevare che *avven-gono in media 1 ÷ 2 collassi generali ogni anno* e che per ogni collasso generale scompaiono circa 5 ÷ 10 nuclei (differenza tra i nuclei che "escono" e quelli che "rientrano").

Inoltre, poiché attraverso le onde gravitazionali di grande intensità riusciamo a vedere abbastanza bene l'80 ÷ 90 % di V_U , e che *a causa del redshift la durata*

media di ciascun collasso é 4 volte superiore a quella effettiva, possiamo stimare che in un anno collassano all'incirca una cinquantina di nuclei.

Dalle precedenti relazioni é possibile ricavare la massa di un nucleo:

$$M_N = \frac{\Delta M_{\text{collassi}}}{\Delta n_N} \approx \frac{100 \cdot 10^9 M_\odot}{50} \approx 2 \cdot 10^9 M_\odot$$

Ossia si ottiene, in media, che un nucleo al momento del collasso avrebbe una massa di qualche miliardo di masse solari.

Quantitá di "nuova" materia entrante nell'Universo. La quantitá $\Delta M_{\text{notches}}$ di nuova materia che dovrebbe entrare nell'Universo visibile in un anno sotto forma di "bolle" di idrogeno neutro deve essere tale da bilanciare la materia che scompare con i collassi dei nuclei, piú la materia necessaria a compensare l'effetto dell'espansione. Pertanto, si ha:

$$\Delta M_{\text{notches}} = 100 \cdot 10^9 M_\odot + 250 \cdot 10^9 M_\odot \approx 350 \cdot 10^9 M_\odot/\text{anno}$$

Le stime piú recenti attribuiscono alle nubi di idrogeno una massa che va da qualche milione a qualche decina di milioni di masse solari. Se a questi "notches" facciamo corrispondere una massa media di 10 milioni di masse solari si ottiene:

$$\Delta M_{\text{notches}} \approx \frac{350 \cdot 10^9 M_\odot}{250 \cdot 10 \cdot 10^6 M_\odot} \approx 35 \text{ mila notches/anno}$$

Se, supponiamo, lo strumento sia in grado di vedere soltanto i "notches" fino ad una distanza di circa $1/3 R_U$, ne vedrebbe un numero 27 volte inferiore, ossia poco piú di 1,000 "notches" all'anno. Se trascuriamo la correzione del numero di conteggi dovuta al redshift, si dovrebbero vedere in media $3 \div 4$ di questi "notches" al giorno.

Allo stato attuale si é potuto constatare che soltanto in alcuni periodi dell'anno lo strumento registra qualche "notch" al giorno. Possiamo considerare soddisfacente questo primo risultato, soprattutto se teniamo presenti le incertezze con cui é stato effettuato il calcolo. In particolare:

- la stima di 10 milioni di masse solari potrebbe essere in difetto, ossia le nubi di idrogeno che si vedono sarebbero in realtà le "bolle" di piú piccole dimensioni (e che, quindi, rimangono tali in quanto non riescono a condensare in ammassi stellari);
- i conteggi fin'ora effettuati non sono ancora molto attendibili soprattutto a causa del loro mascheramento da parte delle onde di grande intensitá.

Vita media della materia nell'Universo. Tutta materia che nasce, prima o poi, dovrá collassare. Pertanto, se indichiamo con τ_U la vita media della materia nell'Universo, deve risultare:

$$\frac{M_U}{\tau_U} = \Delta M_{\text{collassi}} \approx 100 \cdot 10^9 M_\odot$$

Dalla quale é possibile ricavare per la vita media t_U :

$$\tau_U \approx \frac{M_U}{\Delta M_{colla\text{ssi}}} \approx \frac{1.7 \cdot 10^{21} M_\odot}{100 \cdot 10^9 M_\odot} = 17 \text{ miliardi di anni}$$

che risulta in accordo con i dati che oggi sono a nostra disposizione.

Numero di QNM presenti nell'Universo visibile. Quale é la vita media di un nucleo del QNM? Possiamo scrivere che:

$$\Delta n_N M_N = \frac{M_{MNQ}}{\tau_{MNQ}}$$

dove M_{MNQ} é la materia che costituisce i QNM e τ_{MNQ} é la sua vita media.

Se prendessimo 1/10 di tutta la materia presente nell'Universo visibile e la dividessimo per la quantità di materia che collassa in un anno, si avrebbe:

$$\tau_{MNQ} = \frac{M_{MNQ}}{\Delta_N M_N} = \frac{1.7 \cdot 10^{21} M_\odot}{10 \cdot 100 \cdot 10^9 M_\odot} \approx 1.7 \cdot 10^9 \text{ anni}$$

Ossia, si otterrebbe che un nucleo all'interno del QNM avrebbe una vita piuttosto breve!

Che non ci debbano essere molti QNM nella porzione di Universo visibile é ragionevole supporlo. Infatti, non appena un nucleo che si trova al centro di una galassia gigante entra a far parte del QNM, questo beneficia immediatamente delle enormi capacità attrattive di quest'ultimo incrementando considerevolmente il suo rateo di crescita. Inoltre, una presenza massiccia di QNM non sarebbe compatibile con una vita media della materia di $15 \div 20$ miliardi di anni!

5 Un nuovo quadro di riferimento

Le informazioni che ci giungono sull'Universo attraverso le *onde gravitazionali* ci mostrano un funzionamento dell'Universo molto diverso da quello che ci viene proposto oggi e che si basa essenzialmente sulle informazioni che arrivano a noi attraverso le *onde elettromagnetiche*. Si riporta qui di seguito come tutto ciò potrebbe modificarsi.

1. L'Universo sarebbe in costante e perenne espansione in accordo con la *Legge di Hubble* ad esclusione delle locali disomogeneità nel moto dovute ad addensamenti o rarefazioni di materia che si producono durante l'evoluzione di questi QNM.
2. L'Universo non sembra avere confini. Si estenderebbe all'infinito e, rispetto ad un qualunque osservatore, all'infinito si espanderebbe a velocità infinita. Da qualsiasi punto lo si osservi, l'osservatore si troverá sempre al centro e vedrá il raggio piú o meno sempre dello stesso valore. Non esiste alcun punto privilegiato di osservazione.

Quindi, se un osservatore potesse vedere il comportamento delle galassie nel tempo, le vedrebbe in continua espansione ed accelerazione.

Rispetto allo spazio *le galassie ed i QNM sarebbero in quiete* ad esclusione dei moti locali dovuti agli effetti gravitazionali.

3. In teoria possiamo vedere l'Universo intorno a noi fino ad una distanza tale che la velocità di espansione rispetto a noi raggiunge la velocità della luce, dopodiché non possiamo vedere più nulla. A tale distanza viene attribuito il nome di *Raggio dell'Universo visibile* e rappresenterebbe, in pratica, il nostro *orizzonte*.

Attraverso le onde gravitazionali possiamo vedere abbastanza bene fino a circa i 9/10 del raggio dell'Universo visibile, dopodiché le onde gravitazionali che arrivano a noi vengono distorte dai *moti dello spazio* che avvengono in tutte le direzioni.

Con le onde elettromagnetiche é possibile vedere in modo soddisfacente fino a distanze molto inferiori in quanto queste onde vengono maggiormente distorte e attenuate durante la loro propagazione nello spazio.

4. *L'analisi del "redshift" delle onde gravitazionali ci mostra un Universo molto piú vecchio di quello che le attuali teorie gli attribuiscono.* Si osservano molto chiaramente eventi che sono avvenuti 40 ÷ 50 miliardi di anni fa ed i cui protagonisti (ossia i nuclei del QNM) erano già di per se stessi molto vecchi!
5. *Non sembra esserci stato alcun Big-Bang.* Per cui, non ci sarebbe mai stato un inizio dell'Universo, il quale é sempre stato piú o meno come lo vediamo ora, a parte le disomogeneità locali prodotte durante l'evoluzione dei QNM.
6. Tutto ciò porta a concludere che *é necessario un continuo rifornimento di nuova materia (e, vedremo, anche di nuovo spazio!) che permetta all'Universo di espandersi.* Se non ci fosse il rifornimento di materia fresca sotto forma di "bolle" di idrogeno l'Universo non potrebbe rimanere stazionario (su grande scala!) per cui i collassi lo svuoterebbero completamente nel giro di qualche decina di miliardi di anni.
7. I QNM, attraverso il meccanismo dei collassi, agiscono come dei veri e propri regolatori mantenendo l'Universo stabile ed omogeneo, non consentendo accumuli continui e pericolosi di materia. Essi agiscono come delle vere e proprie valvole di sicurezza! Senza di essi l'Universo non sarebbe piú stabile e tenderebbe a concentrarsi o rarefarsi pericolosamente.
8. Questi QNM man mano che si divorano le galassie "sputano" fuori dall'Universo i nuclei *ripulendolo della "vecchia" materia e mantenendolo, quindi, sempre giovane.* Agiscono come dei veri e propri "spazzini" dell'Universo!

9. I collassi generali di questi Quasar *creano nell'Universo delle zone "vuote" di materia* e che rimangono tali per molto tempo. Verranno man mano riempite dalle nuove "bolle" di materia che nasce per la prima volta.
10. Il problema della *massa mancante nell'Universo* e, quindi, della "materia oscura" non ha piú ragione di esistere. Questa apparente mancanza di massa sarebbe provocata dal fatto che nei corpi celesti molto massicci quali sono questi QNM la massa di spazio che attirano su di sé fa aumentare la loro massa (a fini gravitazionali) di parecchi ordini di grandezza.
La "materia oscura" altro non sarebbe che questo spazio addensato intorno al corpo celeste prodotto dal suo stesso campo gravitazionale. Pertanto, piú un corpo celeste collassa e piú la sua massa, ai fini gravitazionali, aumenta. E tutto questo avviene anche se la massa (propria) non ha subito alcun incremento.
11. I *buchi neri* non sarebbero piú gli oggetti celesti da cui hanno tratto il loro nome! *Questi oggetti non sono in grado di collassare e "uscire" dall'Universo come fanno, invece, i nuclei dei QNM.* La loro modesta massa (si tratta di alcune decine di masse solari) non gli consente di concentrare localmente le enormi quantità di energia che occorrono per "curvare" lo spazio!
Si tratterebbe, quindi, di oggetti celesti in grado di raccogliere soltanto piccolissime quantità di materia che cadendo sulla loro superficie emetterebbe radiazione elettromagnetica a piú alta frequenza rispetto allo spettro visibile (raggi X, etc..) in quanto a causa della contrazione subita si raggiungono velocità di impatto prossime alla velocità della luce.
12. Per l'enorme campo gravitazionale generato da questi QNM, la materia che cade sui nuclei al momento dell'impatto con la superficie perde (quasi completamente) tutta la sua *energia elettromagnetica* la quale si disperderebbe attraverso lo spazio andando a costituire la *Radiazione Cosmica di Fondo (CMB)*. Pertanto, *questa energia rappresenterebbe tutta la materia di cui l'Universo risulterebbe costituito.*
13. *Le fluttuazioni della CMB scoperte di recente sarebbero una ulteriore testimonianza della esistenza di questi QNM.* Misurazioni piú precise su queste fluttuazioni potrebbero fornire informazioni molto utili sul *numero effettivo di QNM* presenti nell'Universo e, quindi, sulla loro *vita media*.

6 Considerazioni sull'energia di questi eventi

L'area dell'onda gravitazionale é proporzionale all'energia sviluppata durante l'evento e, quindi, alla massa dell'oggetto celeste.

L'energia associata alle onde di breve durata é, dunque, proporzionale a:

$$U \propto \text{Area dell'onda} \approx \frac{1}{2} (100 \cdot 10^{-6}) (10 \cdot 10^{-3}) \approx 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ V s}$$

Le caratteristiche medie delle onde gravitazionali di grande intensità, se prendiamo a riferimento la serie di collassi del 1994, sono le seguenti:

$$\text{Ampiezza} \approx 0.5 \text{ Volt}$$

$$\text{Distanza tra le punte} \approx 4 \text{ giorni}$$

$$\text{Durata} \approx 16 \text{ giorni}$$

Una stima dell'area associata a queste onde può essere fatta come segue (supponendo una forma trapezoidale della "forchetta"):

$$\text{Area} \approx \frac{1}{2} 0.5 (16 + 4) 86,400 \approx 500 \cdot 10^3 \text{ V s}$$

L'energia associata a queste onde risulta essere, pertanto:

$$U \propto \text{Area dell'onda} \propto 500 \cdot 10^3 \text{ V s}$$

Se facciamo il rapporto tra le suddette energie, si ottiene:

$$\frac{500 \cdot 10^3}{0.5 \cdot 10^{-6}} \approx 10^{12}$$

Tale valore *non corrisponde* (si tratta di un valore di qualche migliaio di volte superiore) al rapporto tra le rispettive masse calcolate in precedenza!

La massa del nucleo *non sarebbe congruente* neanche con le osservazioni sui "notches". Infatti, se prendiamo a riferimento il "notch" riportato nel **Grafico 1997_N2**, questo ha avuto una durata media di 4,200 secondi ed un'altezza media di $2 \div 3$ mV e, pertanto, l'energia associata a questa onda vale:

$$U \propto 4,200 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \approx 10 \text{ V s}$$

il cui rapporto con le onde di grande intensità risulta:

$$\frac{500 \cdot 10^3}{10} \approx 50 \cdot 10^3$$

Anche, in questo caso, il valore *non corrisponde* (si tratta di un valore di qualche centinaio di volte superiore) al rapporto tra le rispettive masse calcolate in precedenza!

Perché queste incongruenze? Vedremo, in seguito, che si tratta di un problema che può essere superato mantenendo ben distinte tra di loro:

- massa propria (o particellare)
- massa gravitazionale
- massa inerziale

Nel primo caso, la *massa inerziale* della stella al momento dell'impatto è stata messa a confronto con la *massa gravitazionale* del nucleo al momento del collasso mentre, nel secondo caso, la stessa massa gravitazionale è stata messa a confronto, probabilmente, con la *massa "propria" (o particellare)* della "bolla".

7 Discussione

Ci sono ancora molte domande che non hanno ancora avuto una risposta soddisfacente. Alcune di queste sono qui di seguito riportate.

1. Con quale meccanismo avviene l'espansione dell'Universo?

L'esistenza di uno *spazio "fisico"* consente di dare una risposta molto piú soddisfacente a questa domanda. Piú precisamente si avrebbe che *l'espansione dell'Universo é dovuta alla continua generazione di nuovo spazio. Ossia, insieme alla nuova materia nascerebbe anche nuovo spazio!*

Questo nuovo spazio, però non nascerebbe insieme alle "bolle" di nuova materia ma ci sarebbe un altro meccanismo capace di generare le enormi quantità di spazio necessari all'Universo per espandersi ¹⁶—

2. Con quale meccanismo nascono le "bolle" di nuova materia?

Mentre sui meccanismi di nascita di nuovo spazio si hanno allo stato attuale alcune idee in proposito, per quanto riguarda, invece, la nascita di questa nuova materia non siamo in grado di dire nulla o quasi.

Questa nuova materia si troverebbe allo stato di "bolle" diffuse sepolte nello spazio e sarebbe in un equilibrio alquanto precario con quest'ultimo. Per cui é sufficiente un disturbo quale potrebbe essere quello generato dal passaggio di un'onda gravitazionale di elevata intensità a rompere questo equilibrio e consentire a questa materia di "entrare" nell'Universo.

Inoltre, *la nascita di nuova materia sarebbe piú facile laddove non sono presenti addensamenti di materia* sotto forma di corpi celesti i quali, con il loro campo gravitazionale, hanno lo spazio circostante piú "denso" rendendo praticamente impossibile la "emersione" di questa materia.

Questa ipotesi rafforzerebbe ancora di piú l'idea di un *Universo stabile ed omogeneo su grande scala* e la cui densità della materia in esso presente viene regolata da questi particolari QNM attraverso il meccanismo dei collassi.

3. Con quale tipo di materia l'Universo viene continuamente rifornito?

Non siamo in grado di stabilire sotto quale forma queste "bolle" di materia entrano nel nostro Universo. Ossia se sotto forma di atomi di *idrogeno neutro* oppure di *neutroni* che decadendo in protoni ed elettroni formerebbero gli atomi di idrogeno ¹⁷.

4. Perché i nuclei del QNM collassano improvvisamente?

¹⁶Altrimenti l'intensità dei "notches" sarebbe dovuta essere molto superiore.

¹⁷Se si trattasse di neutroni, durante il processi di decadimento, verrebbero emessi raggi gamma con una ben precisa energia

Il nucleo prima del collasso si trova in equilibrio precario perché ha raggiunto la massa critica e la semplice caduta di una stella sulla sua superficie lo porta a collassare in brevissimo tempo.

Perché sarebbe sufficiente la caduta di una sola stella per farlo collassare? La chiave per la spiegazione di questo fenomeno sarebbe la seguente: *l'energia cinetica accumulata dalla stella durante la sua caduta libera sul nucleo (massa inerziale) risulta molto elevata a causa dell'elevatissimo campo gravitazionale generato dal QNM. In altre parole, nella caduta che avviene alla velocità della luce (locale), la stella si trascina con sé anche enormi quantità di spazio!*

A APPENDICE

A.1 Le dimensioni dell'Universo visibile

Consideriamo la porzione visibile, V_U , dell'Universo:

$$V_U = \frac{4}{3} \pi R_U^3 \quad (1)$$

con R_U , raggio dell'Universo visibile. Poiché,

$$R_U = \frac{c}{H_0} \quad (2)$$

dove H_0 é la *costante di Hubble*. Se assumiamo per H_0 il valore:

$$H_0 = 15 \text{ km/s per milione di anni - luce}$$

si ottiene:

$$R_U = \frac{c}{H_0} = \frac{300,000}{15 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ miliardi di anni - luce}$$

oppure,

$$R_U = 20 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 31.5 \cdot 10^6 = 1.89 \cdot 10^{26} \text{ m}$$

Quindi, per il volume dell'Universo visibile si ha:

$$V_U = \frac{4}{3} \pi R_U^3 = \frac{4}{3} \pi (1.89 \cdot 10^{26})^3 = 2.83 \cdot 10^{79} \text{ m}^3$$

A causa dell'espansione, l'incremento di volume ΔV_U corrisponde, nel tempo Δt , ad una quantità pari a (v. **Figura 1**):

$$\Delta V_U = 4 \pi R_U^2 c \Delta t \quad (3)$$

ossia,

$$\frac{\Delta V_U}{V_U} = \frac{3}{R_U} c \Delta t = 3 H_0 \Delta t \quad (4)$$

Se l'intervallo di tempo Δt considerato é 1 anno, e se utilizziamo come misura della distanza l'anno-luce, la relazione precedente diventa:

$$\frac{\Delta V_U}{V_U} = \frac{3}{R_U} \quad (5)$$

e, quindi, per effetto dell'espansione in un anno aumenta di una frazione pari a:

$$\frac{\Delta V_U}{V_U} = \frac{3}{20 \cdot 10^9} = 1.5 \cdot 10^{-10}$$

Inoltre, per il *tempo di raddoppio*, t_{2U} , del raggio R_U si ha:

$$t_{2U} = \frac{c \ln 2}{H_0} = \frac{300,000 \cdot 0.693}{15 \cdot 10^{-6}} = 13.9 \text{ miliardi di anni} \quad (6)$$

per cui, dopo tale tempo il volume V_U é aumentato di 8 volte (v. **Figura 2**).

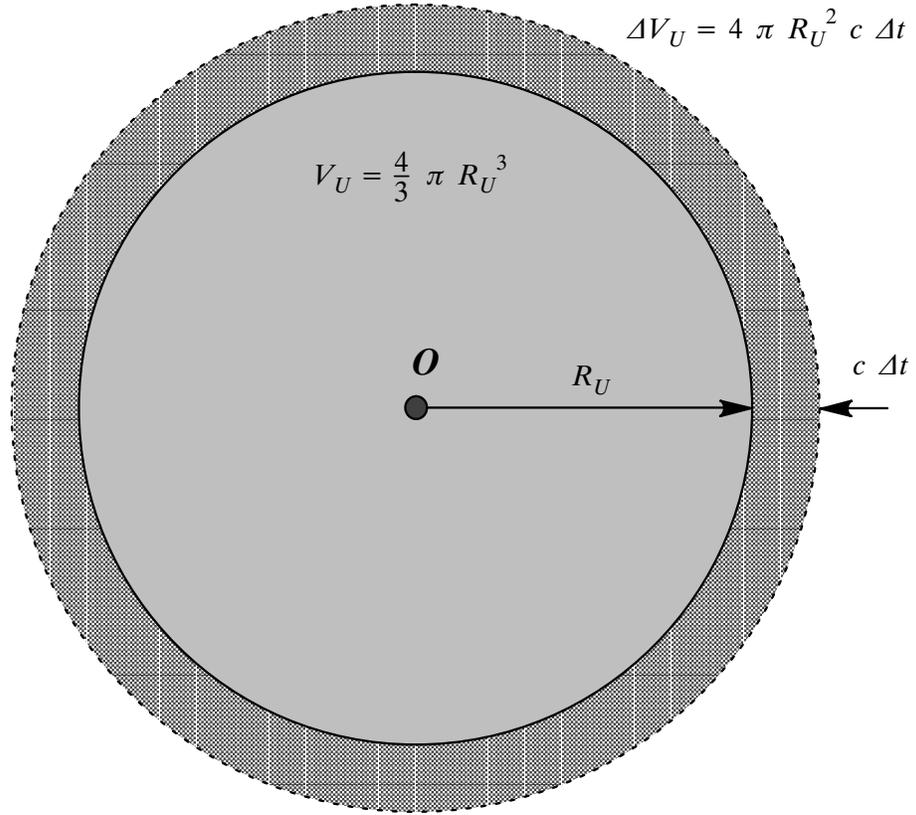


Figura 1: Espansione dell'Universo

A.2 Calcolo della massa ("propria") dell'Universo visibile

La densità di energia della radiazione prodotta da un corpo nero á data da:

$$u(T) = a T^4 \quad (7)$$

che é la formula di Stefan-Boltzmann. La costante a risulta:

$$a = 7.57 \cdot 10^{-16} \text{ J m}^3 \text{ } ^\circ\text{K}^{-4}$$

Per l'energia della radiazione di fondo cosmica (CMB), la quale ha una temperatura misurata di $2.73 \text{ } ^\circ\text{K}$, si ha: risulterebbe, quindi:

$$E_U = a T^4 V_U = 7.57 \cdot 10^{-16} \cdot 2.73^4 \cdot 2.83 \cdot 10^{79} = 1.2 \cdot 10^{66} \text{ J}$$

la quale espressa in unità di massa solare:

$$M_U = \frac{E_U}{M_\odot c^2} = \frac{1.2 \cdot 10^{66}}{2 \cdot 10^{30} (3 \cdot 10^8)^2} = 6.6 \cdot 10^{18} M_\odot$$

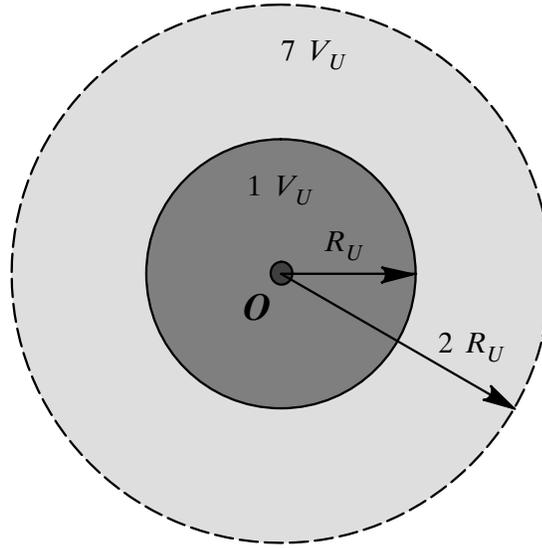


Figura 2: Raddoppio del raggio dell'Universo visibile

A tale valore occorre apportare la correzione dovuta al redshift, il cui effetto é quello di *abbassare, in media, di 4 volte la frequenza della radiazione misurata.*

Dalla *legge dello spostamento di Wien*, sappiamo che la frequenza della radiazione é direttamente proporzionale alla sua temperatura. Pertanto:

$$M_U = 6.6 \cdot 10^{18} \cdot 4^4 = 1.7 \cdot 10^{21} M_{\odot}$$

L'unica incertezza di questo metodo é rappresentata dal valore attribuito al raggio, R_U , dell'Universo visibile, ossia dalla costante di Hubble. Se quest'ultima venisse dimezzata la massa M_U risulterebbe 8 volte superiore per cui si avrebbe un valore intorno a 10^{22} masse solari.