



# astronews

notiziario informativo di astronomia  
ad uso esclusivo dei soci del Gruppo Astronomico Viareggio

**LUGLIO - AGOSTO 1994**

# astronews

notiziario informativo di astronomia  
ad uso esclusivo dei soci del Gruppo Astronomico Viareggio



**SETTEMBRE - OTTOBRE 1994**

## **G.A.V. - GRUPPO ASTRONOMICHI VIAREGGIO**

RECAPITO: Casella Postale 406 - 55049 Viareggio (LU)

RITROVO: C/O Scuola elementare Marco Polo, via Aurelia

### **QUOTE SOCIALI**

Soci Ordinari	Lit. 10.000 mensili
Soci Ordinari (minori 18 anni)	Lit. 5.000 mensili
Soci Sostenitori (quota 1993)	Lit. 25.000 annuali
Iscrizione (per ogni nuovo socio)	Lit. 10.000

CONTO CORRENTE POSTALE N. 12134557 INTESTATO A :  
**GRUPPO ASTRONOMICHI VIAREGGIO**  
**CASELLA POSTALE 406, VIAREGGIO**

### **CONSIGLIO DIRETTIVO PER L'ANNO 1994**

<i>Beltramini Roberto</i>	<i>Presidente</i>
<i>Pezzini Guido</i>	<i>Vice Presidente</i>
<i>Martellini Davide</i>	<i>Segretario</i>
<i>Torre Michele</i>	<i>Resp. attività Scientifiche</i>
<i>Pezzini Elena</i>	<i>Resp. attività Divulgazione</i>

### **Responsabili Sezioni di Ricerca**

Meteorite	D'Argliano Luigi
Sole	Torre Michele
Comete	Martellini Michele
Quadranti Solari	D'Argliano Luigi - Martellini Michele

### **Redazione**

<i>Martellini Michele</i>	<i>Torre Michele</i>
<i>Poleschi Giacomo</i>	<i>D'Argliano Luigi</i>

## **LUGLIO - AGOSTO 1994** **S O M M A R I O**

Le Pulsar	Stefano raffaelli	Pag. . . 4
Il cielo dei mesi di luglio e agosto	Luigi D'Argliano	Pag. . . 8
I Quasar	Stefano raffaelli	Pag. . 11
L'evoluzione dell'universo: il Big Bang (prima parte)	Stefano raffaelli	Pag. . 14

## LE PULSAR

La prima pulsar fu scoperta per caso nel 1967 da Jocelyn Bell, studentessa all'Università di Cambridge, mentre lavorava presso il Mullard Radio Astronomy Laboratory con un radiotelescopio che lei stessa, insieme ad altri studenti, aveva realizzato. Si trattava di un insieme di tralicci che sostenevano 2000 mini-antenne per una superficie complessiva di 2 ettari. Solo nell'immediato dopo guerra la Radioastronomia si era affacciata sulla scena, e in quegli anni assumeva sempre maggior importanza in quanto consentiva di aggiungere altri "esemplari esotici" alla già variopinta fauna dell'Universo fino ad allora esaminato solo nel visibile. Lo strumento era stato progettato appositamente per individuare segnali radio anche di durata brevissima ma certo non si pensava di arrivare a definire una nuova classe di oggetti come le Pulsar.

Nell'estate del 1967 la Bell si accorse, esaminando i tracciati ottenuti, che c'erano delle insolite variazioni di segnale, che però, nonostante la capacità dello strumento, erano ancora troppo brevi. Il giorno dopo, ed anche gli altri giorni seguenti, il segnale si ripresentò e la Bell notò che ciò accadeva sempre alla stessa ora siderale. La studentessa parlò di questo segnale con il suo professore ed insieme decisero di aumentare la velocità di scorrimento della carta su cui venivano registrati i tracciati, in modo da evidenziare segnali ancora più brevi.

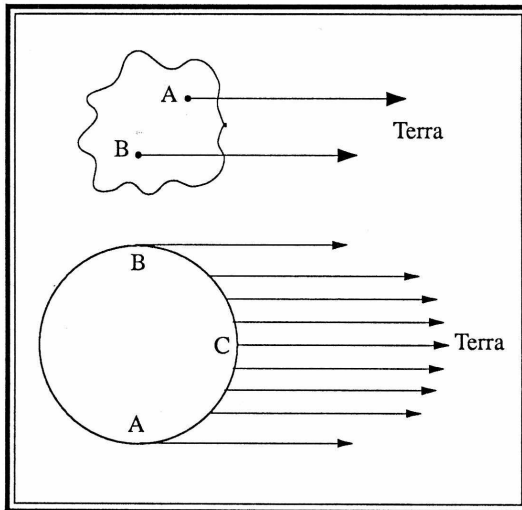
Ma solo per pochi minuti, solo a quell'ora siderale individuata da Jocelyn Bell. Purtroppo non si ebbero risultati, poiché la sorgente era piuttosto evanescente. E' comune esperienza, ad esempio, che ascoltando la radio, alcune emittenti magari troppo lontane, si sentano a volte bene, a volte male o addirittura non si sentano per niente. Questa assenza di segnale portò però il professore ed i colleghi della Bell ad essere scettici. Solo lei continuò a crederci finché alla fine riuscì ad individuare una serie di segnali uguali della durata di 5 centesimi di secondo intervallati da 1,3 secondi.

Inizialmente tali segnali vennero interpretati come prodotti dall'uomo, ma solo gli astronomi lavorano con l'ora siderale ed una rapida indagine portò ad escludere questa pista. Pareva proprio che il segnale dovesse provenire da una stella, tant'è che la Bell e Hewish (il suo professore) scherzando parlarono di messaggi di "little green men", omini verdi (LGM) e questa notizia fece molta impressione. Proprio grazie a questo scherzo inizialmente le pulsar furono catalogate oggetti LGM. Dopo poco fu scoperto un segnale in tutto e per tutto analogo ma in direzione totalmente opposta. Pareva dunque strano che due pianeti così distanti tra loro mandassero il loro messaggio, peraltro simile, verso la stessa stella. La pittoresca teoria degli omini verdi cadeva, senza che peraltro la Bell e Hewish vi avessero mai creduto. Quando poi furono scoperte altre pulsazioni apparve chiaro che non potevano essere emesse da un pianeta, in quanto nel movimento di rivoluzione si sarebbe manifestato un effetto Doppler negli impulsi, che invece erano sempre regolari. Si trattava dunque di impulsi emessi da stelle dette Pulsating Radio Stars o più brevemente Pulsar. Dire che aspetto potessero avere le Pulsar non fu facile.



Esse avevano pulsazioni molto brevi; ora, se consideriamo la superficie emittente, la radiazione pulsante ci arriva da ogni punto, ma poiché essa non è piana, ma sferica, il diametro deve essere piccolo perché la radiazione giunga simultaneamente da ogni punto di emissione.

Ad esempio se il Sole fosse una stella pulsante, la pulsazione emessa dai punti A e B impiegherebbe 2,3 secondi in più di quella partita da C per arrivare, sfasando il ritmo della pulsazione. Un modo abbastanza preciso per determinare le dimensioni massime dell'oggetto che pulsa è quello di moltiplicare il periodo di pulsazione per la velocità della luce. Si vede così che per pulsazioni di 1 secondo si hanno dimensioni massime di 300 Km. Le uniche stelle che hanno dimensioni comparabili sono le nane bianche o le stelle di neutroni.



La possibilità che esistessero nane bianche e stelle di neutroni era già stata predetta nel 1932 dal fisico Openheimer con i suoi studi sull'evoluzione finale delle stelle. Si sa che una stella è un ammasso di gas Idrogeno ed Elio tenuto in equilibrio da due forze contrapposte: la gravità e la pressione delle radiazioni termonucleari. Quando una stella nasce queste due forze si equivalgono e continuano a farlo finché le reazioni continuano. Quando però le reazioni cessano completamente la gravità diviene libera di agire e provoca la contrazione della stella. La materia diventa degenere e la densità aumenta fintanto che

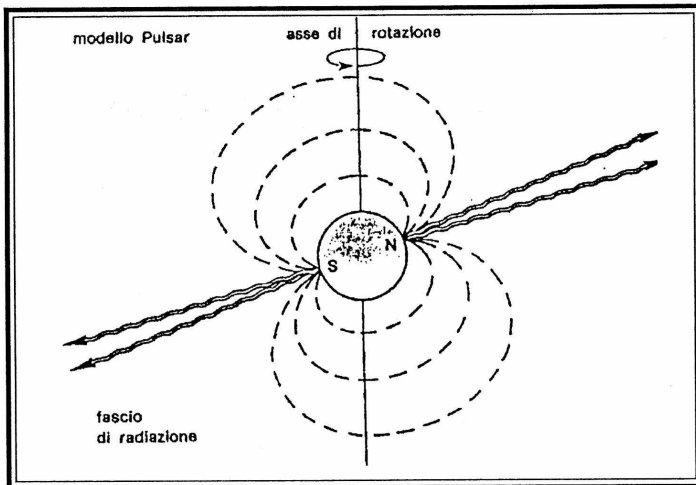
diminuiscono le dimensioni. Il processo avrà conclusioni diverse secondo la massa originaria. Il principio di esclusione di Pauli ci dice che due particelle non possono essere nello stesso posto e contemporaneamente avere velocità uguali. Allora poiché gli elettroni, ormai strappati dai loro nuclei, non possono coincidere come posizione e velocità, la contrazione gravitazionale si dovrà fermare proprio in forza di tale principio. Tale sorte è riservata a stelle di massa comparabile con il Sole che daranno origine a nane bianche. Se però la massa è maggiore, la repulsione tra elettroni non è sufficiente e la stella si contrae ancora di più finché il principio di esclusione non comincia ad operare con i neutroni: è nata una stella neutronica.

L'esistenza delle nane bianche era già stata dimostrata con le osservazioni, mentre le stelle neutroniche erano rimaste sulla carta. Ecco, ora si trovava una classe di oggetti compatibile con le caratteristiche (almeno per le dimensioni) delle stelle neutroniche.

Le rapide pulsazioni potevano essere causate dalla veloce rotazione attorno all'asse ma doveva essere così veloce che subito si esclusero le nane bianche per problemi di stabilità. Da allora i modelli sulle pulsar si sono susseguiti sempre più particolareggiati. Vediamo i più recenti. Innanzi tutto bisogna pensare che se volessimo ottenere una stella a neutroni dal Sole, lo dovremmo far diventare una sfera di 15 Km di diametro. In questo stato gli elettroni verrebbero assorbiti dai protoni e il Sole sarebbe composto da un "brodo" di neutroni che si respingono. La densità di questo brodo sarebbe un milione di miliardi di volte superiore all'acqua. In queste condizioni, respinti l'uno dall'altro, i neutroni si stabilizzerebbero ai vertici di un reticolo cristallino solido. Pare dunque che una stella neutronica, se ancora stella si può chiamare, nonostante le altissime temperature causate dalla compressione, non sia gassosa ma solida, almeno in superficie. Al centro la temperatura è tale da impedire la cristallizzazione e dunque troviamo un gas ad enorme densità formato da neutroni unitamente a pochi protoni ed elettroni residui. Vi si trovano inoltre particelle elementari come Barioni e Mesoni che a quelle condizioni sono stabili. Le caratteristiche della struttura cristallina sono impensabili: rigidità miliardi di miliardi di volte maggiore dell'acciaio e conducibilità elettrica altrettanto grande. Inoltre le linee di forza del campo magnetico subiscono una compressione, e quindi anche un campo piuttosto debole all'inizio può diventare intensissimo, soprattutto vicino alla superficie. Attorno alla superficie vi sarebbe poi una specie di "atmosfera" spessa qualche metro composta da nuclei atomici ed elettroni. La velocità di rotazione sarebbe enorme per la legge di conservazione del momento angolare, così da far compiere alla stella diversi giri al secondo.

Questo è il quadro moderno delle stelle a neutroni. Ritornando alla storia con cui abbiamo iniziato, si presentò il problema di individuarne posizione e distanza. Per quanto riguarda la posizione non ci furono problemi e si notò che erano disposte maggiormente nei pressi dell'equatore galattico. Per la distanza il problema era un po' più complesso, ma la natura, che a volte sembra volerci complicare le cose ad ogni costo, spesso ci fornisce anche gli strumenti per risolvere i suoi rompicapo. Quando noi diciamo che la velocità della luce è una costante universale ci riferiamo alla propagazione nel vuoto assoluto. Poiché il vuoto assoluto non esiste, la radiazione viene rallentata. Tale rallentamento è determinato dagli

elettroni liberi nella materia interstellare, ed è maggiore per le frequenze più basse. Ecco dunque che, sintonizzando un radiotelescopio su due frequenze e cronometrando la differenza di periodo delle pulsazioni, ipotizzando una densità media di elettroni di 30 particelle per decimetro cubo, si può risalire alla distanza della fonte di emissione. Da questo studio risultavano allora le seguenti conclusioni: le Pulsar appartenevano tutte alla Galassia, ma erano al di fuori del Sistema Solare e potevano essere forse identificate con le stelle neutroniche, che fino ad allora erano previste sulla carta. Hewish pose queste conclusioni nel 1969. Ancora comunque persistevano dubbi sull'identità Pulsar-Stelle di Neutroni. Tali dubbi vennero fugati con la scoperta della Pulsar nella Crab Nebula. Poiché la Crab Nebula (M 1) è una nebulosa planetaria, non ci furono più dubbi sul fatto che la pulsar rinvenuta al suo centro doveva essere il cadavere della stella che aveva originato la nebulosa, quindi una stella di neutroni, tanto più che di lì a poco fu scoperta un'altra pulsar denominata Vela X, anch'essa associata ad una nebulosa planetaria. Entrambe le stelle pulsavano oltre che nel dominio radio anche nel visibile e nei raggi Gamma ed X. Il periodo della pulsar di M 1 era di 30 pulsazioni al secondo, mentre quella della Vela pulsava 11 volte al secondo. Se però era vero che ogni supernova portava ad una pulsar, pare che non sia vero che ogni pulsar sia conseguenza di una supernova, poiché ci dovrebbero essere altri processi fisici che portavano allo stesso risultato. Ma da cosa è originato l'impulso? Abbiamo già detto che le pulsar, proprio a causa della compressione, hanno un intenso campo magnetico. L'asse di questo campo magnetico può però non coincidere con l'asse di rotazione.



Le particelle elettricamente cariche ancora libere seguono le linee di forza del campo magnetico e si concentrano ai poli magnetici e qui emettono varie radiazioni a diversa lunghezza d'onda. Poiché la stella ruota vorticosamente su se stessa, quando uno dei due poli magnetici è rivolto verso il Sole noi riceviamo un impulso. Il modello, tanto per capirci, è simile ad un faro.

Le particelle che si concentrano ai poli magnetici e da lì irradiano hanno però un effetto negativo sulla stella, poiché provocano attrito e rallentano la rotazione della stella. In definitiva l'energia di rotazione si trasforma in energia per l'emissione. Pulsar come quella in M 1, nata dalla supernova del 1054 d.C. hanno periodi di rotazione praticamente originari, ma altre più vecchie hanno già rallentato considerevolmente. Ecco che allora il periodo di una pulsar ci indica anche a grandi linee la sua età. Gli astronomi hanno a volte notato dei bruschi sbalzi nel periodo di solito precisissimo delle pulsazioni. Ciò è dovuto al fatto che la gravità è bilanciata oltre che dal principio di esclusione tra neutroni anche dalla forza centrifuga che è senz'altro molto intensa. Quando però la Pulsar rallenta la forza centrifuga diminuisce e la gravità è libera di agire finché non è di nuovo equilibrata da forza centrifuga e principio di esclusione. Questo fenomeno si manifesta come una specie di terremoto sulla superficie cristallina della pulsar e ne modifica repentinamente il periodo di rotazione. L'energia emessa ai poli infine diventerà esclusivamente di onde radio. L'ultimo stadio è quello di una stella neutronica ormai ferma, senza nessun tipo di pulsazione e dunque ormai morta.

#### BIBLIOGRAFIA

"Astronomia, alla scoperta del cielo", Voll. 2 - 3; AA.VV. Curcio Editore.

## IL CIELO DEI MESI DI LUGLIO E AGOSTO

### Aspetto del cielo alle 22:00 di ora estiva.

Nel settore orientale possiamo vedere il triangolo estivo, un asterismo formato dalle stelle di prima grandezza Vega ( $\alpha$  Lirae), Deneb ( $\alpha$  Cygni) e Altair ( $\alpha$  Aquilae). Intorno a queste costellazioni troviamo una serie di piccole costellazioni come Delfino, Freccia (o Saetta), Lucertola, Volpetta interessanti per i campi stellari binoculari che offrono. Più ad est si intravedono Pegaso e Capricorno; a sud-est abbiamo il Sagittario con le sue magnifiche nebulose ed ammassi stellari. Da qui si diparte la Via Lattea che, passando per Aquila e Cigno, attraversa il cielo per finire in Cassiopea: durante il periodo estivo la visione della nostra galassia è particolarmente bella e suggestiva.

In meridiano, ad ovest del Sagittario, abbiamo un'altra splendida costellazione zodiacale:



lo Scorpione. Sopra di essa ci sono Serpente ed Ofiuco e, presso lo zenit, Ercole e ancora più a ovest, Bootes dove splende la gigante arancione Arturo. Tra queste due ultime costellazioni si trova la piccola Corona Boreale.

A ovest sono ancora visibili per intero o in parte, la Vergine, il Corvo ed il Leone. A nord-ovest si vede bene l'Orsa Maggiore.

Per quanto riguarda i pianeti, a quest'ora sono visibili Venere, a nord-ovest, tra Cancro e Leone; Giove a sud, nella Vergine.

**SOLE:** il giorno 1 sorge alle 05:40 e tramonta alle 20:51; il 15 sorge alle 05:49 e tramonta alle 20:46; il 31 sorge alle 06:04 e tramonta alle 20:32.

**LUNA:** Luna Nuova il giorno 8; Primo Quarto il 16; Luna Piena il 22; Ultimo Quarto il 30. In congiunzione con Marte il 5 (0.3° S), con Mercurio il 7 (1.3° N), con Venere il 12 (7° S), con Spica il 16 (0.4° S), con Giove il 16 (3° S) e con Saturno il 26.

**MERCURIO:** il 31 transita 6° S di Polluce; è visibile al mattino per tutto il mese ed il 17 si trova alla massima elongazione ovest (21°). La magnitudine cresce da 2.2 a -1.1 e la fase da 0.06 a 0.81.

**VENERE:** si trova tra Cancro e Gemelli ed il 10 transita 1.1 gradi nord di Regolus; è ancora visibile nel cielo del tramonto, a nord-ovest. Magnitudine -4.1, fase 0.65.

**MARTE:** il 18 transita 5° N di Aldebaran. E' visibile nella seconda parte della notte poiché sorge intorno alle 3 del mattino; magnitudine 1.2.

**GIOVE:** è nella Vergine ai confini con la Bilancia e si muove di moto diretto. Tramonta intorno alle 2 a inizio mese ed anticipa il tramonto di un'ora alla fine. Magnitudine: -2.1.

**SATURNO:** si trova nell'Acquario e sorge intorno alle 24 ad inizio mese ed anticipa la levata di due ore alla fine. Magnitudine +0.8.

**URANO e NETTUNO:** si trovano nel Sagittario. Per chi avesse intenzione di osservarli, veda cartina a pagina 91 dell'Almanacco 1994 di Astronomia U.A.I.

## Aspetto del cielo alle 22:00 di ora estiva.

A est si intravedono alcune costellazioni autunnali: Andromeda, Pegaso ed anche Perseo, entro i cui confini si trova il radiante dello sciame meteorico visibile il 12. Comincia a vedersi più alta la W di Cassiopea mentre a sud-est, basse, Acquario e Capricorno. Ben visibile in meridiano la Via Lattea che interseca perpendicolarmente l'orizzonte nel Sagittario e attraversa, su su verso lo zenit, Aquila, Cigno ed altre costellazioni minori fino a Cassiopea e Cefeo. A Ovest del Sagittario si allarga inglobando anche la bella costellazione dello Scorpione.

A ovest del meridiano abbiamo un'ampia plaga ricca di stelle di seconda e terza grandezza, occupata dalle costellazioni di Ercole, Ofiuco e Serpente. A nord di Ercole, tra il corpo

principale di questa costellazione e la stella polare, si trova la testa del Drago la cui stella più brillante è chiamata Eltamin (Gamma Draconis, mag. 2,4, arancione). Il Drago poi si snoda intorno all'Orsa Minore e si insinua tra essa e il Gran Carro, ben visibile a nord-ovest. Seguendo la curvatura del timone del Carro si giunge su Arturo, alfa Bootis, e proseguendo troviamo Spica, alfa Virginis. Sotto il timone del Carro c'è alfa Canum Venaticorum, Cor Caroli, magnitudine 2,9, bianca.

Tra i pianeti sono visibili: Venere a nord-ovest per la prima metà del mese; Giove a sud-ovest tra Vergine e Bilancia; Saturno a est nei pressi di Lambda Aquarii.

**SOLE:** il giorno 1 sorge alle 6:05 e tramonta alle 20:31; il 15 sorge alle 6:19 e tramonta alle 20:13; il 31 sorge alle 6:36 e tramonta alle 19:48.

**LUNA:** Luna Nuova il 7; Primo Quarto il 14; Luna Piena il 21; Ultimo Quarto il 29. E' in congiunzione con: Marte il 3 (3° Sud); Venere il 10 (3° S); Spica il 12 (0.1° S); Giove il 13 (2° S); Saturno il 22 (7° N). Interessante fenomeno il 31 quando la Luna si troverà a soli 0.7° N di Vesta.

**MERCURIO:** il 13 è in congiunzione col Sole per cui è praticamente invisibile per tutto il mese.

**VENERE:** è sempre visibile a nord-ovest nel cielo del tramonto. Il 24 si trova alla massima elongazione orientale (46°) mentre il 31 passa a soli 0.7° S di Spica.

**MARTE:** si muove dal Toro verso i Gemelli ed è visibile nella seconda parte della notte poiché sorge alle 2 a inizio mese e un'ora prima alla fine.

**GIOVE:** si trova tra la Vergine e la Bilancia e si muove con moto diretto. E' visibile nella prima parte della sera a sud-ovest e la sua magnitudine è -1.9.

**SATURNO:** è nell'Acquario e sorge intorno alle 22 a inizio mese e due ore prima alla fine. Magnitudine +0.6.

**URANO e NETTUNO:** per le posizioni di questi pianeti vedere cartina a pag. 91 dell'Almanacco 1994 di Astronomia U.A.I.

## METEORE ESTIVE

Le **PERSEIDI** saranno visibili dal 23 luglio al 23 agosto con massimo il giorno 12 agosto alle prime luci dell'alba, quindi si consiglia di osservare nelle notti tra 11 e 12 e tra 12 e 13. Lo ZHR nel 1993 è stato superiore a 600 con punte di venti meteore in cinque minuti (vedi anche Astronews di settembre-ottobre 1993).

Altri sciami da osservare con radiante nelle costellazioni di Capricorno e Acquario con i giorni di massimo compresi tra la metà di luglio e la metà di agosto. Per ulteriori notizie si rimanda all'Almanacco UAI 1994, pag 156 che è reperibile in sede (la biblioteca funzione finalmente).

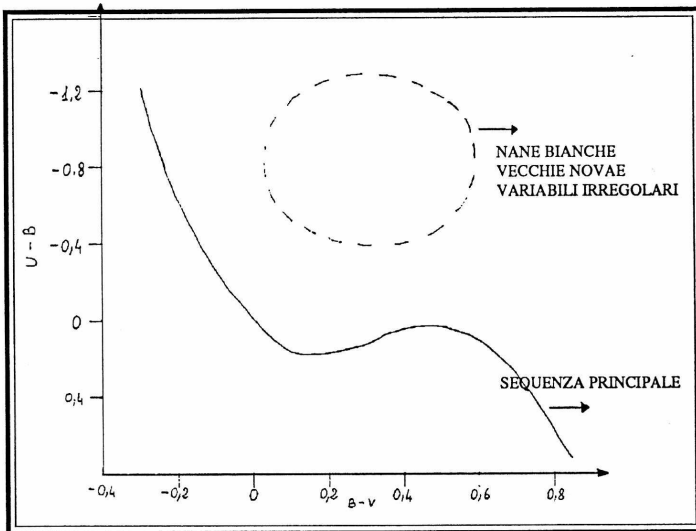
Anche il materiale per le osservazioni di meteore è stato messo a posto ed è disponibile in sede (basta chiederlo al socio D'Argliano, ormai tornato "borghese").

# I QUASAR

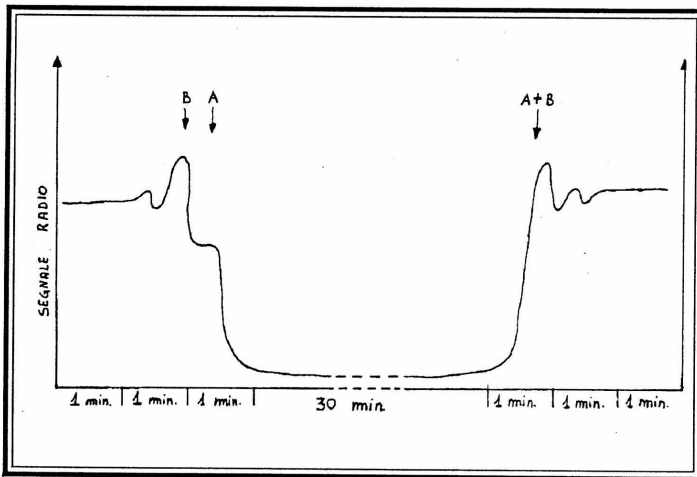
I quasar sono gli oggetti celesti più lontani e luminosi che gli astronomi abbiano mai conosciuto. In realtà usare il verbo "conoscere" non è proprio esatto poiché i lati sconosciuti di questi oggetti sono ancora numerosi.

La storia dei quasar comincia nel 1960. Allora erano già stati fatti diversi elenchi di oggetti radioemittenti. Non sempre però era stato possibile identificare quali fossero le controparti ottiche di queste sorgenti a causa della scarsa risoluzione dei radiotelescopi. In pratica essi evidenziavano un segnale ed una zona, chiamata scatola di errore, dalla quale proveniva l'emissione. Se nella scatola di errore appariva una galassia si poteva pensare di avere trovato una radiogalassia ma se si trovavano solo stelle il problema era un po' più complesso. L'impulso iniziale alla storia dei quasar lo fornì un oggetto denominato 3C48 (48 esimo oggetto del III radiocatalogo di Cambridge).

Nella scatola di errore indicata dal radiotelescopio appariva solo una stella, che dunque doveva essere la controparte ottica. Ne fu fatto uno spettro che risultò essere uno spettro di emissione le cui righe erano sconosciute. Il suo colore pure era singolare. Ponendolo in un diagramma H-R esso era simile a quello di nane bianche, vecchie novae e variabili irregolari e dunque indice di alte temperature (eccesso di emissione di raggi UV).



Il problema di come interpretare le righe spettrali era difficile da risolvere, tanto più che 3C48 era considerato una stella. Tale etichetta non gli derivava soltanto dal suo aspetto ma anche dal fatto che c'erano variazioni luminose con periodi comparabili ad un giorno, quindi seguendo il ragionamento già fatto per le pulsar, l'oggetto non doveva avere dimensioni superiori ad un giorno-luce. Nello stesso anno si presentò l'occasione di stabilire con esattezza, grazie a tre occultazioni lunari consecutive, la posizione di un altro oggetto denominato 3C273. Misurando l'intensità del segnale si vide che esso non si azzerava in un istante, ma che spariva e riappariva nel giro di 2 minuti ed in maniera non costante. Ne risultava che 3C 273 aveva un certo diametro angolare seppur piccolo comunque apprezzabile e che era composto da due oggetti emittenti distinti denominati 3C273 A e 3C273 B.



La controparte ottica fu individuata in una stella di 13a magnitudine, il cui spettro si comportava come quello di 3C48. Si creava una nuova categoria di oggetti chiamata Stellar Radio Source. Di lì a poco sarebbe stato dimostrato che tali oggetti non erano stelle. Infatti foto di 3C273 individuarono la componente B, aveva l'aspetto di una specie di coda collegata a 3C273 B. Dunque non si poteva più parlare di stelle e la dizione di questi oggetti diventò Quasi Stellar Radio Source, in breve, Quasar. Contemporaneamente, ed a conferma che tali oggetti non erano stelle, l'astronomo Marten Schmidt scoprì che le righe spettrali si potevano interpretare ipotizzando un intenso effetto Doppler, di gran lunga



maggiore di quelli fino ad allora registrati per le galassie più lontane. 3C273 si allontanava a 50.000 Km/sec. e 3C48 a 110.000 Km/sec. per cui non si poteva più supporre che fossero stelle. Il red-shift dei Quasar era dunque della stessa natura di quello delle galassie, ossia cosmologico. I Quasar però erano le galassie più lontane scoperte, ed allo stesso tempo quelle con emissione più intensa, dato che per rendersi visibili a quelle distanze l'energia emessa doveva essere enorme.

Col passare del tempo l'elenco dei Quasar continuò a crescere, tanto che il record di 3C48 (30% della velocità della luce) fu migliorato fino a trovare Quasar che apparentemente superavano la velocità della luce. Ovviamente non era possibile, ma accadeva perché per grandi red-shift è necessario applicare alla legge di Hubble il Fattore Relativistico predetto da Einstein nella Relatività Ristretta. Oggi conosciamo Quasar con velocità di recessione di 270.000 Km/sec, con distanze di 15 miliardi di anni luce, ossia possiamo osservare oggetti così come erano nei primi 2,5 miliardi di anni di vita dell'Universo.

Per quanto riguarda l'esatta stima del red-shift dobbiamo dire che i Quasar presentano sia righe di emissione che righe di assorbimento ma i due effetti Doppler registrati sulle une e sulle altre non coincidono. Si ritiene che quelle attendibili siano le righe ad emissione che presentano red-shift più importanti. La differenza potrebbe essere causata da materia espulsa dal Quasar con velocità prossime a quella della luce o da materia intergalattica, che in entrambi i casi falsifica i risultati.

Col trascorrere del tempo sono stati individuati Quasar con caratteristiche diverse. Ad esempio sono stati individuati Quasar radioquieti o Quasar doppi che per molto tempo sono stati un'incognita prima che si capisse che si trattava di due immagini di uno stesso Quasar sdoppiato da una lente gravitazionale. È stato poi notato che i Quasar ricalcano la struttura delle radiogalassie con due lobi di emissione distinti ed al centro una sorgente compatta. Tali lobi non sono fissi ma si allontanano dal centro di emissione, talvolta con velocità superluminali. Tale effetto dovrebbe però essere un'illusione creata da fotoni "sparati" in due direzioni opposte che viaggiando alla velocità della luce o quasi illuminano del plasma di modo che ci sarebbe una spiegazione geometrica per tale comportamento. Un modello simile si accorderebbe bene con la presenza di un buco nero, ipotesi fatta per spiegare l'intensa emissione di radiazioni. Infatti un massiccio buco nero rotante originerebbe un intenso campo elettrico capace di orientare il flusso di fotoni o altre particelle in due direzioni opposte lungo il suo asse. Simili ai Quasar sono gli oggetti BL Lac. Attorno ad essi si è notata una certa nebulosità che li rende simili alle galassie ellittiche. Per il resto sono simili ai Quasar se si eccettua il fatto che la loro distanza è intorno ad un miliardo di anni luce e mostrano anche analogie con galassie attive denominate galassie di Seyfert. Il Quasar potrebbe dunque essere lo stato embrionale di una galassia, vista al tempo della sua formazione e gli oggetti BL Lac e/o le galassie di Seyfert dovrebbero essere l'anello di congiunzione con le galassie.

L'enorme flusso di energia dovrebbe essere originato da un gigantesco buco nero primordiale che attrae un grande quantitativo di materia. Quando questa materia comincia a cadere verso il buco nero spiraleggiando emette energia, per la maggior parte raggi X. Questa emissione provoca una certa pressione di radiazione ma pare che questo processo

non possa continuare per sempre, ed il buco nero è destinato a diventare inattivo interrompendo il flusso di energia. Se tale teoria è vera, nei BL Lac e nelle galassie di Seyfert il buco nero starebbe per divenire inattivo e comunque nel cuore di ogni galassia si dovrebbe poter trovare un massiccio buco nero.

Esistono ancora molte incertezze su questo modello ma comunque esso si accorda bene con le osservazioni dato che i Quasar sono gli oggetti più lontani nello spazio (e quindi nel tempo) ma non se ne osservano nell'intervallo di distanza del primo miliardo di anni dell'Universo, quando ancora, secondo la teoria del Big Bang esso doveva essere solo una bolla di gas Idrogeno ed Elio. Essi potrebbero dunque essere una fase embrionale dell'evoluzione delle galassie.

#### BIBLIOGRAFIA

"Astronomia, alla scoperta del cielo", Vol. 2 - AA.VV., Curcio Editore;

"Cosmologia Moderna", Dennis Sciama, Biblioteca EST, Mondadori Editore.

## L'EVOLUZIONE DELL'UNIVERSO: IL BIG BANG (prima parte)

Chiunque sia stato così fortunato da poter ammirare il cielo perfettamente buio e stellato avrà certamente notato una striscia luminosa che, a seconda delle stagioni, attraversa il cielo con direzione e forme diverse. Noi oggi sappiamo che questa fascia è l'immagine della nostra galassia, che ci appare così perché vi siamo immersi. Ciò che per noi è un dato di fatto piuttosto banale, non lo era in passato.

Prescindendo dalle interpretazioni attribuite in tempi antichi a questa striscia luminosa chiamata Via Lattea, diremo che la sua natura fu scoperta nel 1609 da Galileo Galilei. Egli affermò che essa era formata da un insieme di stelle, troppo deboli per essere viste singolarmente ad occhio nudo, ma capaci di formare nel loro insieme questa luminescenza, e ben visibili con il suo cannocchiale. L'importanza di questa scoperta non fu compresa immediatamente.

Un secolo e mezzo dopo qualcuno cominciò a supporre che la maggior parte delle stelle visibili fosse concentrata in un agglomerato fatto come un disco, al quale apparteneva anche il Sole. La conferma a questa tesi sarebbe venuta qualche decennio più tardi e precisamente nel 1784, quando l'astronomo Herschel rese noti i dati della sua ricerca condotta attraverso il censimento della posizione reciproca tra il Sole ed un gran numero

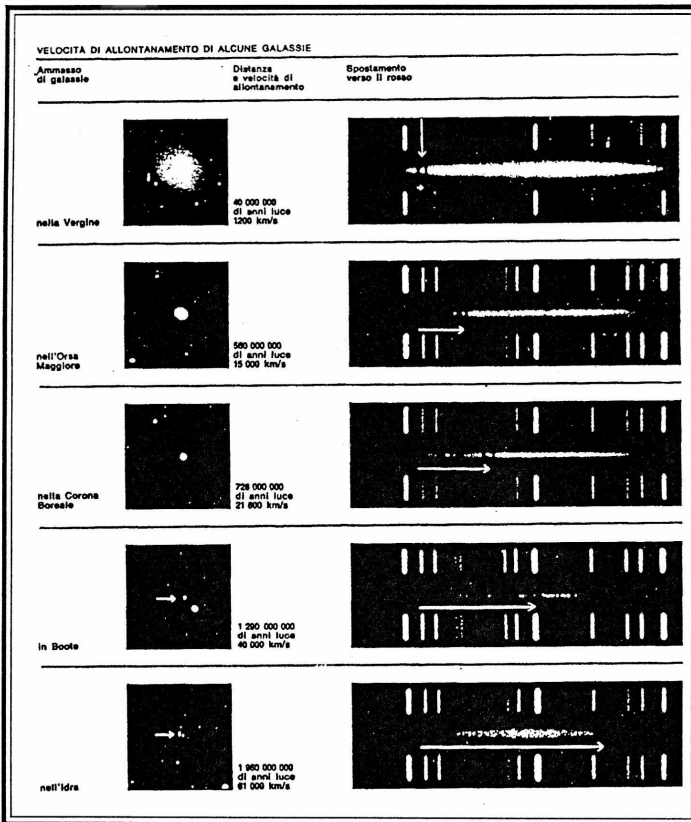
di stelle. Con questo studio Herschel non solo potè dimostrare che le stelle erano raggruppate in una struttura a disco, ma giunse ad individuare raggruppamenti a maggiore densità che lo indussero a pensare che la nostra galassia aveva la forma di una spirale. Di lì a poco la questione si spostò su un altro campo: esistono altre galassie (allora definite universi-isole) oltre la nostra? Molti supponevano che alcune delle nebulose visibili nei telescopi, e soprattutto quelle a spirale, fossero sistemi di stelle extragalattici, simili al nostro, ma nessuno sapeva fornire valide prove a questa tesi.

Agli inizi del 1900 l'idea di altre galassie oltre alla nostra sopravviveva a stento, tanto più che si era notato che la maggior parte di questi oggetti nebulosi si concentrava verso i poli galattici. Nessuno conosceva ancora l'esistenza di enormi nubi oscure che occultano gran parte degli oggetti sul piano galattico, per cui questa disposizione convinse praticamente quasi tutti che questi oggetti erano legati alla nostra galassia, e dunque ne facevano parte. La questione fu definitivamente risolta nel 1924, anno a cui si attribuisce la nascita della cosmologia. In un'assemblea della American Astronomical Society, Edwin Hubble divulgò i suoi studi sulla distanza di alcune nebulose. Egli aveva rintracciato in questi oggetti delle stelle variabili di tipo cefeide.

La famiglia delle Cefeidi ha come caratteristica che la durata della variazione della luminosità tra massimo e minimo è direttamente proporzionale alla luminosità intrinseca. Cronometrando la durata delle variazioni di luminosità delle cefeidi individuate, Hubble ne dedusse la luminosità effettiva e ne calcolò poi la distanza usando la legge della attenuazione luminosa che prevede che la luminosità diminuisca secondo l'inverso del quadrato della distanza.

Per M 31 Hubble calcolò una distanza di 800.000 anni luce, che è circa un terzo della distanza oggi attribuita a questa galassia. Ma nonostante l'imprecisione di questi calcoli, Hubble riuscì a dimostrare che diverse nebulose considerate galattiche erano in realtà sistemi di stelle extragalattici molto distanti. A questo punto qualcuno cominciò a domandarsi se le galassie avessero moti propri o se la loro posizione reciproca restasse la stessa. Apriamo a questo punto una parentesi: un universo in cui non agisca nessuna altra forza se non quella gravitazionale non può essere statico. L'attrazione gravitazionale delle varie masse in esso contenute lo farebbe contrarre verso un comune baricentro gravitazionale. Si noti che questa concezione, che sulla carta poteva essere già fatta per l'Universo di Newton, popolato in maniera indefinita da stelle tra loro fisse non fu intuita se non nei primi decenni del XX Secolo. In altre parole in tutti era radicata la credenza che l'Universo fosse statico, in fondo immutabile, che si fosse conservato più o meno uguale dal tempo della sua creazione. Perfino Einstein credeva in un universo statico. La sua relatività prevedeva però che l'universo avrebbe almeno dovuto contrarsi a causa della curvatura spazio-temporale, così quando egli la pubblicò vi introdusse una arbitraria "costante cosmologica" per aggirare l'ostacolo.

Egli semplicemente asserì che lo spazio-tempo ha una tendenza intrinseca ad espandersi, e bilanciò così l'attrazione gravitazionale delle masse. Col senno di poi Einstein riconoscerà l'introduzione di questa costante come il suo più grande errore, anche se poi la sua idea fu ripresa nei modelli "inflazionari".



Fu ancora Hubble che rispose alle domande sul moto delle galassie. Nel 1929 pubblicò i risultati dei suoi studi sugli spettri delle galassie. Se facciamo passare la luce di una stella attraverso un prisma la scomponiamo nei colori base ed otteniamo il suo spettro. Tale spettro appare solcato da righe oscure che ci dicono quali atomi sono presenti in quella stella. Ciò accade perché ogni atomo assorbe fotoni di determinate lunghezze d'onda, e quindi si può dire che ogni elemento lascia la sua "firma" sullo spettro e attraverso questa

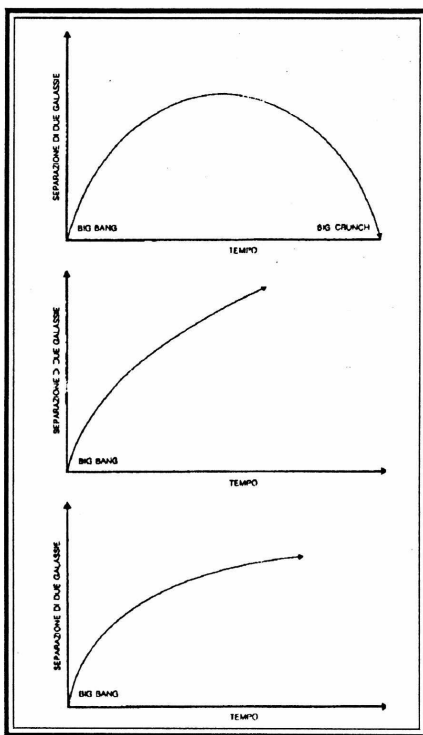


“firma”, che è sempre la stessa per atomi della stessa specie, si può individuare la composizione della stella. Hubble condusse questo esperimento sulla luce delle galassie, ed ottenne diversi spettri “firmati”. La firma però non corrispondeva a nessuno degli elementi conosciuti e normalmente presenti nelle stelle. Esaminando meglio gli spettri, Hubble notò che le righe di assorbimento erano quelle tipiche di elementi che normalmente compongono una stella, con l’unica differenza che erano tutte spostate verso il rosso. Egli ipotizzò che anche per la luce, come per il suono, si potesse parlare di effetto Doppler. Se una sorgente sonora che emette suoni con una frequenza determinata si muove verso di noi, sentiremo il suo suono con una frequenza maggiore, perché la lunghezza d’onda diminuisce, e viceversa se essa si allontana la frequenza decresce perché la lunghezza d’onda aumenta. Similmente lo spostamento verso il rosso delle righe d’assorbimento significava un aumento di lunghezza d’onda della luce proveniente da queste galassie, e quindi un moto di allontanamento. Hubble notò che nessuna galassia presentava uno spostamento verso il blu, ma tutte, in maniera più o meno marcata, mostravano lo spostamento verso il rosso (RED SHIFT), e quindi tutte le galassie si allontanavano dalla nostra. Fatto ancora più strano era che l’entità del red shift è direttamente proporzionale alla distanza della galassia presa in esame. Questi risultati possono sembrare assurdi se non altro perché potrebbero far pensare che la nostra galassia occupi una posizione privilegiata. Fortunatamente, alla luce del lavoro di Fridmann, di cui parleremo tra poco, non furono commessi errori come nel Medioevo, quando la Terra era creduta al centro del Creato. La spiegazione è che l’universo è come un palloncino che si gonfia, sulla cui superficie sono stati disegnati dei punti. Se fossimo mosche e ci posassimo su di un punto, vedremmo gli altri punti allontanarsi in maniera radiale dal nostro, con velocità maggiori tanto più grande è la distanza, né più né meno come accade per le galassie. Sulla base di questi risultati Hubble elaborò la sua omonima legge, che prevede che la velocità di recessione di una galassia è uguale alla sua distanza moltiplicata per una costante, chiamata costante di Hubble. Usando la formula inversa di questa legge, conoscendo la velocità di recessione di una galassia estrapolata dal suo red shift, si può ottenere la distanza della galassia stessa. In seguito si scoprì che la legge di Hubble, tra l’altro, era anche in grado di definire l’età dell’universo, essendo questa uguale all’inverso della costante di Hubble. A questo proposito apriamo subito una parentesi. La costante di Hubble non è un valore che si ottiene matematicamente da una legge fisica. Essa è stata estrapolata sulla base delle osservazioni di Hubble, infatti prima Hubble stabilì la distanza di alcune galassie usando come indicatori le cefeidi, quindi, accertosi del red shift, trovò il valore della costante. Ma essendo questa costante il risultato di osservazioni, tutto dipende dalla qualità di queste ultime. Hubble commise alcuni errori nelle sue osservazioni, infatti come abbiamo già detto egli stimò la distanza di M 31 circa 1/3 di quella reale. Il principale errore riguarda la relazione LUMINOSITA’ INTRINSECA - PERIODO VARIAZIONE, delle Cefeidi, che allora era stata quantificata male. Inoltre se consideriamo i moti delle galassie più vicine, appunto come fece Hubble, tali moti risultano “sporchi”, perché (ma allora Hubble non poteva saperlo) vi sono componenti secondarie al red shift, originate non dall’espansione dell’universo ma da moti diversi, che rendono imprecise le misurazioni. Per tarare

esattamente la costante bisognerebbe operare su galassie con red shift elevato, in modo che le componenti di moto secondarie non legate all'espansione siano trascurabili. Però un red shift elevato comporta una distanza elevata e quindi difficile da stimare, per cui, ancor oggi non c'è accordo sul valore della costante ed il valore utilizzato è la "via di mezzo" tra le varie stime. Con questo valore otteniamo un'età dell'universo di circa 13 miliardi di anni. Chiusa questa parentesi, torniamo al problema principale di Hubble, ossia quello di interpretare i risultati delle ricerche. In realtà c'era già chi qualche anno prima aveva elaborato un modello sulla nascita ed evoluzione dell'universo ed accolse i risultati di Hubble come dimostrazione del suo lavoro.

Facendo qualche passo indietro nel tempo, ritorniamo nel 1915, quando Einstein pubblicò la sua Relatività. Abbiamo già detto che anche lui seguiva l'idea corrente di un universo

statico e quindi modificò la sua teoria in modo che i conti tornassero. C'era però qualcuno che la pensava diversamente e proprio mentre Einstein studiava per modificare la relatività, alcuni studiosi e principalmente il russo Alexander Fridmann, cercavano, usando proprio la relatività così come era stata creata, di elaborare un modello di universo dinamico. E proprio da uno studio approfondito delle equazioni della Relatività Generale, Fridmann elaborò un modello di Universo in espansione, in cui le galassie si allontanavano in maniera radiale da uno stesso punto. Sulla base di questo modello Fridmann arrivò a stabilire che l'universo doveva essere uguale in tutte le direzioni, quindi omogeneo, e che questa omogeneità si poteva osservare prescindendo dallo scegliere un punto di osservazione piuttosto che altri. L'omogeneità dell'universo sarebbe stata scoperta in pratica solo nel 1965 quando Penzias e Wilson trovarono la radiazione di fondo a microonde.

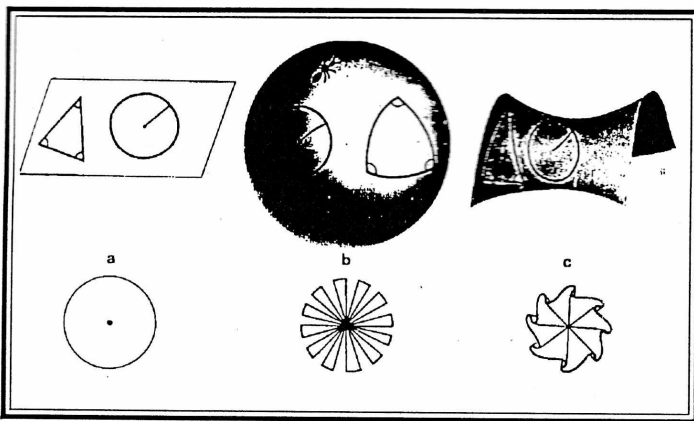


Per quanto riguarda l'indifferenza dei punti di osservazione a tutt'oggi non possiamo dimostrarla poiché ancora non possiamo (e chissà se potremo) fare viaggi intergalattici ma può essere ragionevolmente accettata, quantomeno per modestia poiché sarebbe strano supporre che la nostra galassia sia sita in una zona diversa da altre.

Fridmann tuttavia rimase inascoltato, anche quando nel 1929 i risultati di Hubble sembrarono dargli ragione. Solo nel 1935, quando altri studiosi giunsero agli stessi risultati, il lavoro di Fridmann fu ritenuto valido. Con il suo modello, Fridmann era giunto a stabilire che l'universo era nato da un punto con un'esplosione e a causa di tale esplosione primordiale si stesse espandendo con moto uniformemente accelerato e che infine si sarebbe richiuso a causa dell'attrazione gravitazionale complessiva delle masse. Con Fridmann nasceva dunque l'idea del Big Bang che sarà poi ripresa e migliorata da un suo allievo, George Gamow. In realtà ci sono altre due linee evolutive oltre a quelle studiate da Fridmann. Egli infatti supponeva che la curvatura dello spazio-tempo fosse talmente accentuata dalle masse in esso presenti che la velocità iniziale sarebbe stata insufficiente per un'espansione continua, come nel caso di un missile che, una volta lanciato verso lo spazio, non riesca ad arrivare alla velocità di fuga e riprecipita sulla Terra. Se invece la velocità di espansione fosse uguale o addirittura maggiore alla velocità di fuga dell'universo? In tal caso non ci sarebbe un collasso gravitazionale, ma piuttosto un'espansione perpetua. Il lavoro di Fridmann e di Robertson e Walker, due matematici che ripresero il lavoro di Fridmann ampliandolo, ci dice anche come dovrebbe essere la struttura del nostro universo. Già nel 1800 il matematico Gauss si era chiesto come poteva essere il nostro universo. Egli partì pensando ad una cimice, quindi un essere che con buona approssimazione possiamo definire a due dimensioni che cammina su di una sfera. L'insetto non sarebbe in grado di stabilire che il terreno su cui cammina è curvo, se non lo vedesse dall'alto, ma per vedere il terreno dall'alto qualcuno lo dovrebbe aiutare, giacché essendo abituato a trattare con due dimensioni, larghezza e lunghezza, egli non saprebbe individuare da solo la terza, l'altezza. Partendo da questo presupposto Gauss generalizzò il concetto e giunse alla conclusione che anche il nostro spazio può essere incurvato, sebbene noi esseri umani siamo incapaci di individuare la quarta dimensione, proprio come l'insetto è incapace di individuare la terza. Le idee di Gauss furono riprese in tempi più moderni da Ricci-Cubastro e Bianchi, due matematici italiani che proseguendo dove Gauss si era fermato, prepararono in pratica un linguaggio matematico nuovo che Einstein userà per la sua relatività.

Dunque la relatività ci dice che lo spazio è incurvato, ma da cosa? Lo spazio è incurvato dalla gravità ma poiché la forza gravitazionale è direttamente proporzionale alla massa del corpo che la esercita, possiamo dire che lo spazio è incurvato dalla massa. E questa massa opera due tipi di deformazione nella struttura dello spazio: una locale, imputabile ad un solo corpo, che rappresenta il campo gravitazionale dello stesso corpo, ed una deformazione generale, causata dall'insieme delle masse, che riguarda tutto il sistema.

Ritornando a Fridmann, nel modello che egli estrapolò dalla relatività, la forza di gravità era talmente intensa da arrestare l'espansione e trasformarla in contrazione. Lo spazio, in questo caso era talmente incurvato da richiudersi su se stesso, diventando simile alla superficie di una sfera.



Per gli altri due modelli trovati in seguito da Robertson e Walker vale il ragionamento inverso. Se infatti con densità di materia alta lo spazio è incurvato con curvatura positiva, con una densità bassa si ha uno spazio con curvatura negativa, che ha una forma di paraboloide a sella di cavallo. Ovviamente esiste un caso di transizione, che corrisponde al modello in cui la velocità di espansione è uguale alla velocità di fuga dell'universo ed in cui lo spazio è piano. Ecco che allora la geometria Euclidea ossia quella del piano, che noi abitualmente usiamo, si potrebbe rivelare inadeguata per descrivere l'universo su grande scala, ossia potrebbe essere usata solo nel caso di transizione, e non negli altri casi. Un'altra considerazione che si può fare su queste tre linee evolutive è che nel modello proposto da Fridmann l'universo è finito ma non ha limiti (una sfera ha una superficie ben definita ma si può percorrerla in ogni direzione senza doversi mai fermare), mentre negli altri due casi l'universo è infinito, nello spazio e nel tempo. Ancor oggi non sappiamo con certezza quale di questi tre modelli si possa applicare al nostro universo. Misure della densità media di materia indicano che la gravità potrebbe essere nettamente insufficiente per arrestare l'espansione, quindi ci troveremmo davanti ad un universo infinito con curvatura negativa. Ci potrebbero però essere grandi quantità di materia oscura, che ancora oggi non possiamo (se mai potremo) osservare, e che potrebbero influire sulla struttura dello spazio. E' interessante citare il caso dei neutrini. Essi, come tutte le particelle furono creati con il Big-Bang, ma mentre la stragrande maggioranza di particelle si annichilò con le rispettive anti-particelle, lasciando un numero "estremamente piccolo" di particelle residue, i neutrini non subirono la stessa sorte, poiché essi interagiscono con le loro anti-particelle in maniera molto blanda. Ora noi non sappiamo di preciso se essi abbiano massa o meno, poiché sono praticamente inafferrabili, ma da un esperimento eseguito nel 1981

pare che una massa, per quanto piccolissima, ci sia. Far luce sui neutrini sarebbe dunque importante per due motivi: essi infatti ci fornirebbero una ulteriore prova della bontà del modello del Big Bang e potrebbero rivelarsi decisivi per l'evoluzione e la fine dell'universo.

Il modello del Big Bang fu proposto nel 1948 in un articolo scritto dai due fisici Alpher e Gamow, quest'ultimo come già ricordato, allievo di Fridmann. Tale modello prese il nome di "Big Bang caldissimo" poiché si ipotizzavano altissime temperature. I modelli di Fridmann, derivati direttamente dalla Relatività e ripresi da Alpher e Gamow, prevedevano che all'inizio tutta la massa dell'universo fosse concentrata in un solo punto, in cui lo spazio-tempo assumeva curvatura infinita. Tale punto viene chiamato Singolarità. Purtroppo in realtà la matematica non tratta con numeri infiniti e la Relatività, che pure ci dice che l'universo nasce da una Singolarità, di fronte ad essa viene meno. In sostanza i nostri metodi matematici, anche i più raffinati come la Relatività, non possono essere usati per descrivere il comportamento della Singolarità e perfino le leggi della fisica potrebbero venir meno di fronte ad essa, per cui finché non troveremo strumenti matematici adatti, non potremo far luce sull'istante Zero dell'universo. Non solo, ma risulta anche impossibile sapere se e quali eventi ci furono prima del Big Bang, poiché essi non hanno lasciato traccia essendo la nostra capacità di individuarne gli effetti venuta meno con la Singolarità. E' per questo motivo che si fa corrispondere al Big Bang l'istante Zero: se infatti niente di quello che c'era prima del Big Bang, ammesso che qualche cosa ci fosse, può importare per noi, si può tranquillamente affermare che il nostro tempo inizia con il Big Bang. Insomma, non possiamo sapere cosa c'era prima, non possiamo sapere com'era la Singolarità, ma qualcosa sapremo? In realtà non c'è pieno accordo neanche sui primissimi istanti dopo il Big Bang, poiché per noi risulta difficile arrivare a capire cosa emergerà dalla Singolarità. Una cosa però è certa: durante il primo secondo sono successe più cose fondamentali per l'universo che nei restanti miliardi di anni a seguire. Secondo il modello di Alpher e Gamow, noto anche come teoria alfa-beta-gamma, all'istante Zero tutta la massa era concentrata in un solo punto che aveva temperatura e densità infinite.

Bisogna, prima di continuare, fare una precisazione su quanto verrà detto sulla teoria alfa-beta-gamma. Lo scenario che descriveremo è una elaborazione moderna, dove solo la "struttura portante" corrisponde agli studi di Alpher e Gamow, mentre la parte che riguarda le particelle elementari è stata aggiunta solo quando si è cominciata a sviluppare la fisica delle alte energie negli acceleratori di particelle.

Subito dopo l'esplosione la temperatura comincia a scendere repentinamente e l'energia emessa provoca la formazione di fotoni, neutrini e anti-neutrini. I fotoni altamente energetici formano anche elettroni e positoni (che sono gli anti-elettroni). Per il fotone non c'è differenza fra particella e anti-particella). Di lì a poco, a causa delle alte energie presenti, alcuni elettroni diventano anti-quark ed alcuni positoni si trasformano in quark. Ovviamente elettroni e positoni si annichilano, come pure quark ed anti-quark ma i fotoni sono ancora molto energetici e la produzione di particelle continua con un ritmo superiore al consumo per annichilazione. Un milionesimo di secondo dopo il Big Bang la temperatura è di 10 mila miliardi di gradi Kelvin. I quark, che fino a quel momento erano liberi non

hanno più energia sufficiente a sottrarsi al confinamento della forza nucleare forte e si uniscono a gruppi di tre per formare protoni e neutroni. Lo stesso fanno gli anti-quark. Un secondo dopo il Big Bang la temperatura è scesa a 10 miliardi di gradi Kelvin. Poiché la temperatura continua a decrescere, l'energia delle particelle scende sotto la soglia che consente la produzione di elettroni-positroni e quark - anti-quark. La materia continua il suo processo di annichilazione con l'antimateria, e così si origina un universo ricco di fotoni ma tutto sommato "povero" di materia. Oggi l'antimateria si ritiene scomparsa se si esclude quella sintetizzata dagli scienziati. Nella nostra galassia non ce n'è poiché altrimenti scopriremmo un'intensa radiazione elettromagnetica proveniente dalla zona in cui materia ed anti-materia vengono a contatto e per lo stesso motivo non possono esistere anti-particelle in altre galassie. Potrebbe esserci una zona di universo con galassie composte interamente da anti-materia ma ciò appare abbastanza strano ed improbabile. In realtà una spiegazione per la totale scomparsa dell'antimateria esiste. Senza addentrarci nelle teorie della simmetria, possiamo dire che la natura "predilige" la materia, ossia è più probabile che un positrone diventi quark piuttosto che un elettrone diventi anti-quark. Volendo quantificare questo comportamento si può dire che dopo il Big Bang, per ogni miliardo di anti-particelle che si creava, parallelamente nascevano un miliardo e una particella, cosicché quando la produzione cessò, il procedere del processo di annichilazione lasciò un residuo di materia poiché questa era più abbondante dell'anti-materia. Come si sia potuta originare tanta massa ce lo diranno i modelli inflazionari. Circa quindici secondi dopo il Big Bang la temperatura scese a tre miliardi di gradi Kelvin, più o meno come nel nucleo delle stelle. Protoni e neutroni non hanno più energia per sottrarsi alla forza nucleare forte e si stabilizzano formando i nuclei atomici degli atomi più leggeri, ossia Idrogeno, Elio e, in numero limitato, i loro isotopi nonché Litio e Berillio. Circa tre ore dopo il Big Bang la produzione di nuclei atomici, cessò, i pochi neutroni rimasti liberi dovettero decadere in protoni formando così altri atomi di Idrogeno ed infine l'energia accumulata negli elettroni scese sotto la soglia che gli permetteva di sottrarsi alla forza elettromagnetica, così essi cominciarono ad orbitare attorno ai nuclei atomici. In seguito a questi fatti c'è stata solo la continua espansione dello spazio. In alcune zone però ci dovevano essere delle irregolarità. Infatti alcune zone erano più dense di materia e questa materia cominciò ad attrarre altra così che intere regioni cominciavano a contrarsi e ad assumere un lento movimento rotatorio attorno al loro centro. Nascevano così le proto-galassie e nel loro interno, con un meccanismo simile a quello appena descritto ma su piccola scala, nascevano le proto-stelle.