

Oltre la siepe

Alberto Bognesi

Declino del Principio Cosmologico

Ciò che colpisce gli astronomi dilettanti fin dalle prime osservazioni è che le galassie compaiono a gruppi.

Un buon binocolo col suo ampio campo visivo è già in grado di rivelare queste vaghe concentrazioni che si snodano nei cieli della notte. Qualcuno le paragona a nugoli di margherite, ma c'è chi parla anche di "accampamenti indiani"... Se poi si sa dove cercare, allora si può scendere dal Gran Carro e zigzagare attraverso il Leone e la Chioma fino alla Vergine, per contemplare il più stupefacente assembramento di "nebulae" dell'intero firmamento.

Il dilettante nota subito che al di fuori di certi "sentieri" le galassie si diradano o mancano del tutto, come se prediligessero certe costellazioni a scapito di altre. E se l'astrologia o la candela al naso non hanno il sopravvento, egli può pensare che aumentando il diametro e la potenza del suo "cannone", nuove galassie potrebbero sorgere da quelle zone che gli appaiono vuote e colmare quella strana disuniformità. Ha già letto da qualche parte che l'"estinzione", cioè la presenza di nubi e di polveri interstellari nelle zone più dense della nostra stessa galassia, limita drasticamente la possibilità di guardarvi attraverso; sa anche che i telescopi più potenti pagano la loro vista eccezionale con grandi riduzioni del campo visivo, e che un accurato "giro d'orizzonte" con tali strumenti profondi richiederebbe secoli e millenni di laboriose osservazioni.

L'immagine delle galassie che affiora dalle osservazioni amatoriali è tuttavia confermata anche dall'astronomia professionale. Non facendosi scrupolo di condividere la stessa candela al naso, gli astronomi più celebrati riconoscono non solo l'esistenza di questi "sentieri", ma che l'aggregazione in ammassi e superammassi rappresenta l'immagine più autentica e panoramica che possiamo cogliere del grande universo. Le galassie, insomma, non amano la solitudine ma mostrano di prediligere le comunità. L'isolamento sembra l'eccezione e il gruppo la regola: La Bruyère commenterebbe "Ce grand malheur de ne pouvoir être seul...".

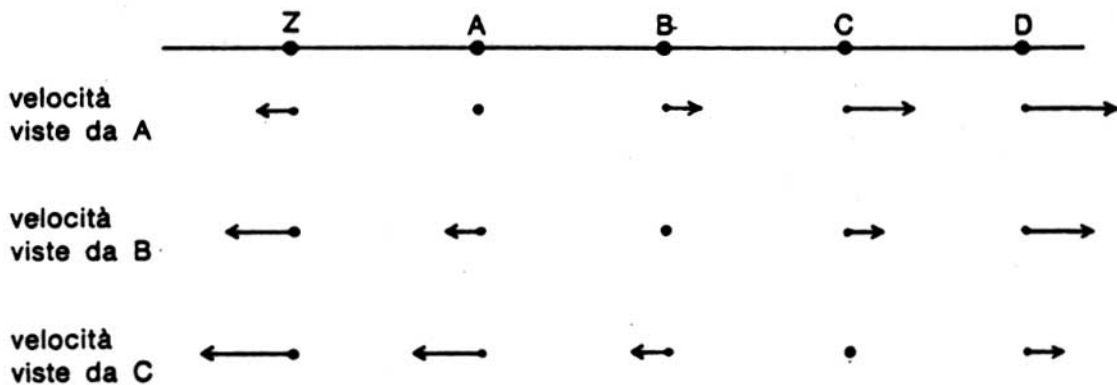


Fig. 1. L'omogeneità e la legge di Hubble. La figura rappresenta una sequenza di galassie Z, A, B, C, ..., intervallate uniformemente, in moto relativo l'una rispetto all'altra. Le velocità, quali sono misurate da A o da B o da C, sono indicate dalla lunghezza e dalla direzione delle frecce. Il principio di omogeneità richiede che la velocità di C, qual è vista da B, sia uguale alla velocità di B qual è vista da A; la somma di queste due velocità dà la velocità di C qual è vista da A, velocità che è indicata da una freccia di lunghezza doppia. Procedendo in questo modo, possiamo completare l'intero diagramma delle velocità illustrato nella figura. Come si può vedere, le velocità obbediscono alla legge di Hubble: la velocità di ogni galassia, qual è vista da ogni altra, è proporzionale alla distanza che le divide. Questo è l'unico modello di distribuzione delle velocità conforme al principio di omogeneità.

(da S. Weinberg - "I PRIMI TRE MINUTI" Mondadori, 1977)

Un altro francese, l'astronomo Gérard de Vaucouleurs recentemente scomparso, è stato quello che più di tutti ha rivendicato l'immagine di un cosmo irregolarmente lastricato di superammassi. De Vaucouleurs ha rappresentato per decenni la spina nel fianco dell'ortodossia cosmologica che invece perorava l'assoluta uniformità dell'universo. La pretesa omogeneità nella distribuzione delle galassie ha consentito ai teorici (molti dei quali non avevano mai fatto osservazioni al telescopio) di sostenere un principio di natura speculativa, il cosiddetto "Principio Cosmologico". L'omogeneità è un requisito essenziale per il modello di universo in espansione (vedi fig. 1), perché le soluzioni di Friedmann alle equazioni della Relatività sono condizionate dalla temporalizzazione della metrica e dalla costanza della sua variabilità.

Gli astronomi stanno cercando di catalogare e di stabilire la forma di queste immense aggregazioni, ma è chiaro che la loro esistenza produce tali simmetrie e variazioni di densità che le equazioni di Einstein non possono assolutamente essere risolte a livello cosmologico.

Al Superammasso Locale di de Vaucouleurs vengono ormai annessi altri gruppi nei Cani da Caccia, nel Leone e nel Cratere, tanto che alcuni astronomi sono indotti a ritenere che si tratti di un'unica aggregazione e quindi della più grande concentrazione di materia dell'universo osservabile. In un primo tempo si era sperato di poter spiegare la forte dispersione intorno al valore medio di redshift di ciascun gruppo col fatto che l'assegnazione a un più generale ammasso avrebbe potuto far accelerare o rallentare localmente il flusso di espansione (H_0) dell'universo: ciò avrebbe giustificato l'incoerenza di tanti spostamenti verso il rosso senza dover ipotizzare Grandi Attrattori o una "materia oscura" da 100 a 200 volte più massiccia di quella che si osserva nelle condizioni reali.

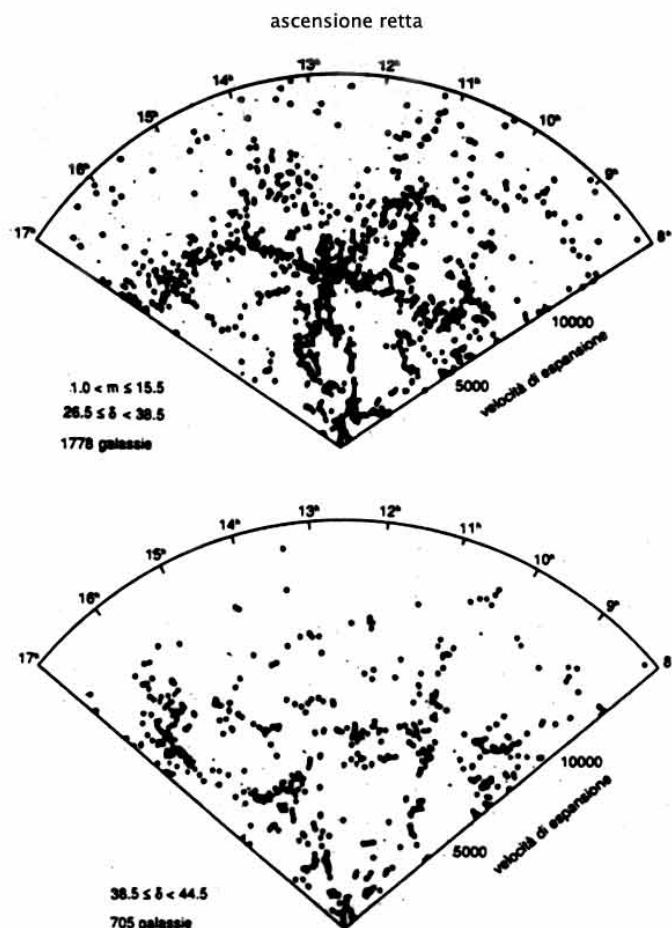


Fig. 2. La struttura "a bolle vuote" dell'universo profondo come emerge dalle surveys sullo spostamento verso il rosso. I puntini rappresentano una distribuzione tridimensionale (in profondità) di galassie fino alla magnitudine indicata, assumendo l'ipotesi cosmologica che i loro redshift siano proporzionali alla distanza (legge di Hubble).

Ma l'estensione sistematica della misurazione del redshift delle galassie - che nell'assunzione ortodossa deve fornire uno 'spaccato' tridimensionale della loro posizione - ha prodotto la più sconvolgente e inattesa rappresentazione dell'universo. Appare un'impressionante ragnatela di galassie, vere e proprie pareti o muraglie di ammassi che sembrano abbarbicati su enormi superfici circolari di vuoto. (fig. 2)

È la cosiddetta "struttura a bolle" che si è venuta delineando e che pone la cosmologia dell'espansione nella condizione più difficile. Questa distribuzione è stata confermata da successive surveys effettuate su galassie "più veloci"; vale a dire che la struttura a bolle vuote osservata nelle regioni a noi più prossime si ritrova anche a più grandi distanze e quindi molto indietro nel passato. "Ma non c'è il tempo - avverte Van Flandern - per la formazione di strutture così grandi nel modello standard!". E per citare la frase di un cosmologo dell'ortodossia, direttamente impegnato nei lavori - il californiano Marc Davis - "si può tranquillamente affermare che adesso comprendiamo meno di zero sui primi istanti dell'universo"¹.

Un'altra inevitabile considerazione investe l'uniformità della radiazione a 3 K°, salutata per decenni come "prova eccellente" dell'esplosione primordiale dell'universo. Se la struttura a bolle è reale, infatti, le pareti e le grandi muraglie di galassie dovrebbero perturbare considerevolmente la temperatura del fondo. Il fatto che non vengano osservate variazioni da una parte su diecimila a una parte su centomila tramuta questo sfondo uniforme in una delle più serie obiezioni che possano essere fatte alla sua natura "cosmologica".

Il solo modo di uscire da questa duplice impasse sarebbe di provare che le bolle non sono vuote e che il tessuto filamentoso che emerge dall'approfondimento degli spostamenti verso il rosso non è reale. Coloro che non credono che i redshift delle galassie siano causati da velocità di recessione hanno pochi dubbi in proposito, ed è umoristico pensare che, almeno in questa circostanza, il punto di vista convenzionale possa provare una sottile invidia verso i suoi stessi contestatori...

Si tratta di una confutazione che investe non solo il "Principio Cosmologico" e l'applicabilità delle equazioni basiche della fisica, ma che accerta l'impossibilità dell'universo di creare strutture così grandi nel tempo limitato che gli si assegna. In base all'osservata densità, l'astrofisico Eric Lerner ha calcolato tempi e distanze necessari a formare tali strutture: con una costante $H_0 = 50$ chilometri al secondo per megaparsec, egli trova un tempo medio di 63×10^9 anni, vale a dire quattro o cinque volte l'età stimata dell'universo.

La nuova relazione spostamento verso il rosso - età -

Per più di sessant'anni la cosmologia è stata identificata con un modello teorico di universo che si proponeva di rispondere a tre essenziali domande: Come è nato? Qual'è la sua evoluzione? Quale sarà la sua fine?

Prescindendo dagli indirizzi personali, la tematica è chiaramente arbitraria: nessuno è in grado di dire attualmente se l'universo ha una data di nascita e se dovrà aver fine, per la buona ragione che potrebbe non essere mai nato e quindi mai morto. Secondo schemi dialettici più affini alla filosofia e alla logica, il tema sembra piuttosto essere: "Che cos'è l'universo?", cioè in pratica, "che cosa stiamo osservando?"

E' arduo immaginare una terza alternativa all'esistere della materia: eterna o creata che sia, essa deve giustificare la sua ingombrante (e inquietante) presenza. Il Big Bang ha dominato la scena cosmologica in virtù dell'elegante interpretazione che ha potuto dare dello spostamento verso il rosso, ma è diventata sempre più forte l'evidenza contraria che i redshift delle galassie non rappresentano velocità di recessione. In modo nettissimo, le osservazioni hanno mostrato che la relazione "spostamento verso il rosso-distanza" viene violata da molte e differenti classi di oggetti, per i quali, evidentemente, deve operare una causa diversa dalla velocità. C'è anche, come abbiamo appena visto, la confutazione astronomica del principio che l'universo sia uniforme e omogeneo, e poi le prime misurazioni attendibili delle curve di luce di variabili Cefeidi appartenenti a galassie dall'ammasso della Vergine. Queste distanze che secondo l'ortodossia dovrebbero fornirci anche l'età dell'universo, si traducono in una stima del tasso di espansione di circa 80 chilometri al secondo per megaparsec. Ciò corrisponde nel modello standard a un'età di espansione di 8-9 miliardi di anni a fronte di un'età delle stelle più vecchie compresa fra i 14 e i 19 miliardi di anni, il che porterebbe ad assegnare all'universo stesso un'età minore delle stelle che contiene..

¹ "The case against the Big Bang", Van Flandern e Arp - Physics Letter A 164, 1992, e Marc Davis su "Nature", febbraio 1990.

La scoperta dello spostamento verso il rosso intrinseco rappresenta il percorso accidentato che la fisica e la cosmologia devono decidersi ad intraprendere. Halton Arp sostiene che l'evidenza di un meccanismo non dipendente da velocità è stata raggiunta fin dal 1966, e ha precisato che gli indizi erano disponibili nel 1911 (molto prima della formulazione del Big Bang), sotto forma di spostamento verso il rosso sistematico che già si constatava nelle luminose stelle OB. "Come astronomo osservativo - prosegue - ritengo di aver dimostrato in modo schiacciante che oggetti con alto redshift sono collegati fisicamente a oggetti di basso redshift. Le mie interpretazioni cosmologiche non sono che ipotesi di lavoro del tutto empiriche che si limitano a collegare fatti osservati. Non c'è niente di sacro. Se è corretta la mia conclusione che lo spostamento verso il rosso di un oggetto extragalattico è una funzione della sua età, trovo soddisfacente che quest'ipotesi possa giungere a previsioni quantitativamente così accurate.

Partendo da tali affermazioni, vediamo di dare una sbirciata nel bozzolo di questo nuovo sistema del mondo.

Le vie seguite da Arp per risolvere i redshift anomali - e in pratica per dare una spiegazione generale allo spostamento verso il rosso - sono già state abbozzate nel corso di questo libro. Le osservazioni mostrano chiaramente che spostamenti spettrali intrinseci vengono esibiti non solo dagli enigmatici quasar ma anche da galassie vere e proprie: si tratta quindi di comprendere un meccanismo capace di operare anche su insiemi immensi, composti di stelle, polveri e gas, i cui diametri possono agevolmente superare i 100.000 anni luce. Simili ordini di grandezza compendiano materia cosmica che opera nelle condizioni più svariate, suggerendo l'esistenza di un processo fondamentale governato dalla meccanica quantistica.

Arp si è mosso in direzione di una teoria d'avanguardia, "la gravità conforme" di Hoyle e Narlikar, che considera la massa di una particella funzione del tempo e della posizione. Viene inoltre ipotizzato che al momento della sua apparizione nell'universo ogni particella attraversi uno stato di massa $m = 0$ e che man mano si consolidi mutuando gravitoni con l'intorno, in un volume sferico che si dilata alla velocità della luce. La massa di una particella appare così vincolata al tempo, sebbene che, più verosimilmente, debba dipendere *da ciò che incontra* (o da ciò con cui interagisce). Fissate alcune condizioni al contorno che qui non possono essere discusse, si ottiene una cornice entro la quale la materia di origine più recente deve scambiare gravitoni con volumi sferici minori e quindi possedere una massa minore.

Ciò si adatta bene all'idea che *tutte* le particelle che costituiscono un oggetto extragalattico con alto spostamento verso il rosso siano più piccole rispetto *a tutte* quelle che costituiscono un oggetto con più basso spostamento verso il rosso. Lo scivolamento delle righe verso la zona rossa o blu dello spettro renderebbe conto in tal modo della variabilità della massa delle particelle che costituiscono un quasar o una galassia in rapporto con il loro tempo di apparizione nell'universo. "Non appena la materia compare - per usare le parole dello stesso Arp - essa risulta altamente spostata verso il rosso. Col passare del tempo diventa più pesante, più massiccia, e il suo grande redshift decade verso valori sempre più contenuti".

Ci sono enormi complicazioni e straordinarie opportunità per la ricerca. Se ogni galassia ha il suo tipico, peculiare posizionamento spettrale, funzione diretta della sua età di apparizione, sarebbe ragionevole attendersi che anche le stelle più giovani debbano manifestare piccoli eccessi di spostamento verso il rosso nei confronti delle stelle più vecchie di quella stessa galassia. Una tale verifica è resa difficilissima dalle distanze cosmiche, *ma è confermata dalle analisi effettuate nel 1980* da J.B. Hutchings su 34 stelle OB selezionate nelle Nubi di Magellano.

La relazione che legherebbe il redshift z all'età t è assai semplice:

$$\frac{1+z_1}{1+z_0} = \frac{t_0^2}{t_1^2}$$

dove z_0 è il redshift di materia creata t_0 anni fa e z_1 è il redshift di materia creata t_1 anni fa. L'età della materia più vecchia osservabile nell'universo, stimata generalmente intorno ai 17 miliardi di anni, viene rappresentata con t_0 , e z_0 vi compare appunto con valore zero o lieve blueshift. La figura 3 mostra due tabelle che illustrano alcuni esempi di calcolo forniti dalla (1).

L'occhio esperto coglie subito la corrispondenza con i valori comunemente assegnati dall'ortodossia alla costante H_0 . Ovviamente i chilometri al secondo hanno qui un significato puramente quantitativo che misura le percentuali di spostamento verso il rosso: occorre sempre ricordare che stiamo esaminando un effetto che non ha niente a che fare con la cinematica e che anzi, viene ricavato da un universo assunto come statico.

Tuttavia $3,26 \times 10^6$ anni corrisponde a un megaparsec, cosicché abbiamo $c \Lambda z_1 = 38$ km. al secondo di "lookback time", cioè il fatto che la materia è più giovane al momento in cui viene emessa la luce. H_0 diventa

così un coefficiente temporale, che per due galassie nate alla stessa epoca corrisponde esattamente alla loro distanza spaziale. E lo stesso Arp a rimarcarlo allegramente, come se dall'annosa disputa intorno al valore di H_0 egli volesse congedarsi consegnando al vecchio amico d'un tempo, Allan Sandage, un non disprezzabile riconoscimento...

Table 1	
Intrinsic redshift - age calculations from (1)	
CZ_1	t_0-t_1
106 km s ⁻¹	9 x 10 ⁶ yrs
71	6 x 10 ⁶
35	3 x 10 ⁶
12	1 x 10 ⁶

APEIRON Winter-Spring 1991 (Cortesia di Halton Arp)
"How Non-Velocity Redshifts in Galaxies Depend on Epoch of Creation"

Table 2			
Intrinsic redshift - age calculations from (1)			
Object	$CZ_1 = c\Delta z$	$t_0-t_1 = \Delta t$	Source
NGC 7603 companion	8,000 km s ⁻¹	6.7 x 10 ⁸ yrs	(Arp 1971)
NGC 1232 blue companion	28,000	2.2 x 10 ⁹	(Arp 1982)

Fig. 3. Tabelle di conversione redshift-età in base all'equazione (1). La tabella 1 dà i valori più semplici mentre la Tabella 2 fornisce le date di creazione di due esempi fra i più noti di galassie compagne con spostamento verso il rosso discorde (NGC 7603 e compagno, NGC 1232 e compagno blu). Questi oggetti appaiono alle pagine. 203 e 207 del repertorio fotografico di questo libro. (Cortesia di H. Arp)

Oltre la siepe

Quale universo comporta dunque la nuova interpretazione del redshift? Beh, intanto risulta chiaro che la costante H_0 dipende semplicemente dall'età delle galassie e dalla distanza alla quale vengono esaminate; e poi vengono a cadere tutte le deviazioni dalla velocità di recessione che hanno sempre tormentato i teorici dell'espansione.

Certo, una legge di Hubble intesa come relazione di età comporta nuove masse, nuove distanze e nuove luminosità, l'annessione dei quasar alle galassie, una doppia scala temporale e una direzione privilegiata del tempo. Ma scompaiono tutti i "mostri" dello spazio in espansione, il metro variabile, l'incostanza della velocità della luce, la produzione di falso vuoto o di vuoto assoluto, la spropositata energia dei quasar, i moti superluminali, i redshift anomali, la materia oscura calda e fredda, i "Grandi Attrattori", la struttura a bolle...

In modo abbastanza inatteso, tuttavia, lo scenario di fondo non ne esce sconvolto. L'universo statico diventa molto più "locale", non c'è dubbio, e la sua parte visibile si riduce notevolmente. Non c'è più data di nascita di *tutto* l'universo come nel Big Bang, ma c'è pur sempre una non disprezzabile storia di provincia, un Amarcord cosmico che possiamo immaginare come una formazione di nuclei galattici a partire da 15 o 20 miliardi di anni fa. Somiglia a uno strano rampicante, a una pianta sempreverde che germoglia spontaneamente dalla radiazione.

Forse originatasi al centro del Superammasso Locale, questa pianta ha prodotto via via nuovi rami e nuove galassie fra le quali il Gruppo Locale, M 31, M 33 e la nostra stessa Via Lattea: e poi di seguito le

altre, secondo creazioni intermittenti che continuano ancora ai nostri giorni.

C'è una spettacolare conferma osservativa all'immagine qui abbozzata: alcune galassie al centro dell'ammasso della Vergine esibiscono spostamenti verso il *blu* rispetto a noi: nell'ipotesi "spostamento verso il rosso-età" esse devono rappresentare appunto le galassie più antiche che siamo in grado di osservare, perché tanto minore è il redshift che misuriamo, tanto maggiore dev'essere la massa delle particelle di cui sono costituite. Tali blueshift, altrimenti incomprensibili, si adattano bene all'equazione (1) descritta più sopra: è molto facile calcolare che corrispondono a materia formatasi 20 milioni di anni prima delle più antiche stelle che vediamo risplendere all'interno del nostro Gruppo Locale.

Una mappa cosmica del mondo conosciuto, che non è di Eratostene ma di Arp, viene riprodotta nella pagina accanto:

Fa parte di una relazione presentata alla "Venice Conferences on Cosmology and Philosophy" del 1992. Prescindendo dalla sua "fedeltà", si direbbe che l'universo non perde occasione di posare per i suoi cartografi più appassionati.

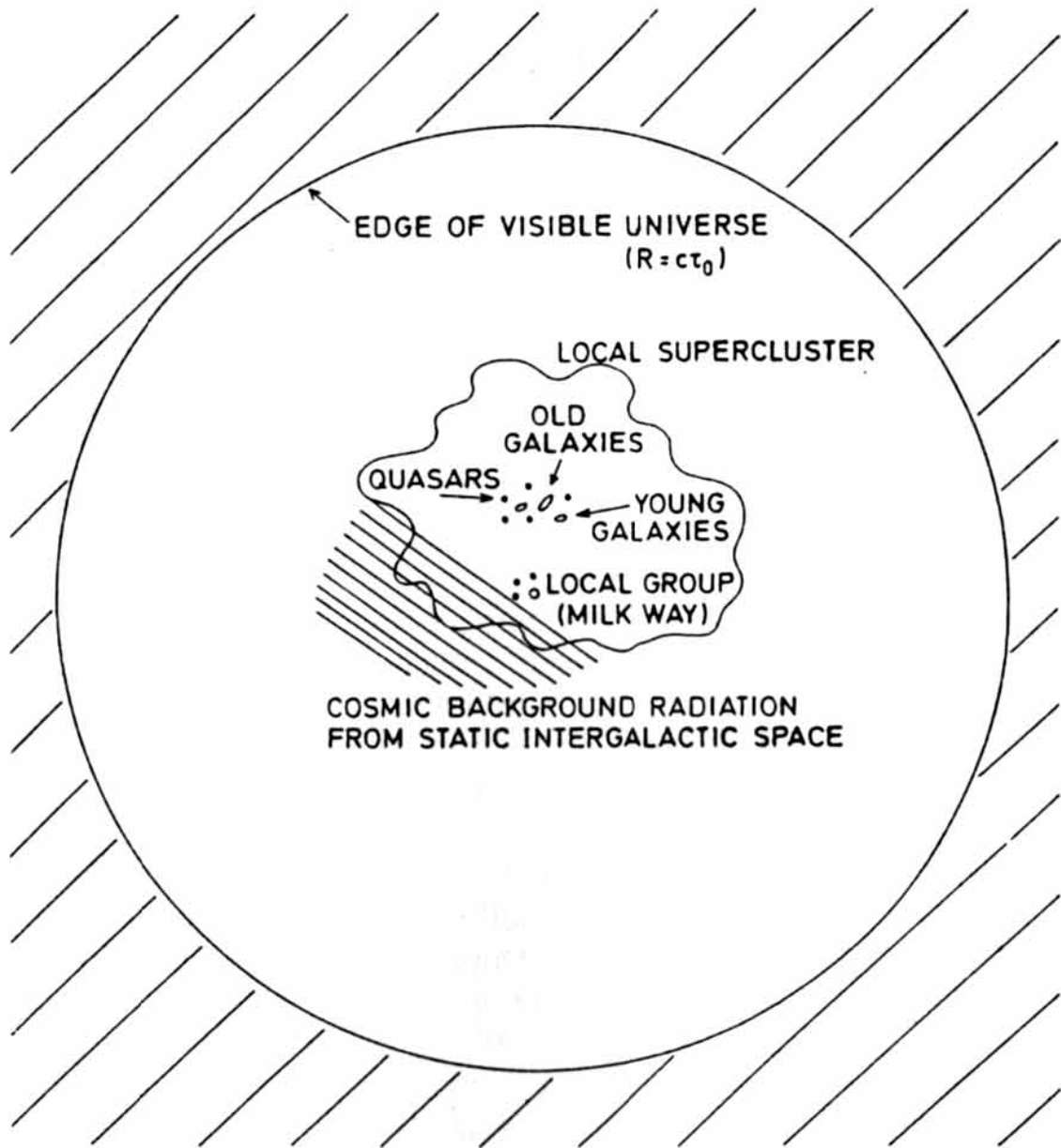


Fig. 4. Il "mondo conosciuto" secondo Arp. Schematizzazione dell'universo visibile, in stato di creazione continua.