

\* \* \*

Steps towards  
the  
EXPANSION CENTER COSMOLOGY

ECM paper VIII by Luciano Lorenzi

53<sup>0</sup> Congresso Nazionale della SAIIt - Pisa 2009

*"L'Universo quattro secoli dopo Galileo"*

ABSTRACT

The expansion center model (ECM) claims the observational falsification of the Cosmological Principle, from the historic RFR effect to the discovery of a cosmic dipole pointed towards the center of the huge void of Bahcall & Soneira. Consequently, we need a new cosmology! To this end, the distance  $r$  in light-space and the Hubble flow as expanding cosmic medium from a point are discussed to analyse the new anisotropic Hubble law; then three Einstein's Universes are presented within a newtonian framework with expansion center. Indeed, the topic of the paper is addressed to deal with a new concordance cosmogony, including the LNH Dirac context, where a gravitation deflation with angular momentum conserved is able to easily explain the cosmic inflation and the Big Bang Hubble law, while Gamow's primordial nucleosynthesis, according to the observed abundance-curve, might have new physical chances. In conclusion, three alternative final cosmic fates of the expansion center Universe are analysed. Curiously the chance of Big Crunch comes back to be likely.

*(Full text in Italian language)*

## 1. INTRODUZIONE

Dopo un ventennio di sfida solitaria alla cosmologia (autore, 1989→2008), pur coronata dal positivo test di dipolo esteso alle remote supernovae del Supernova Cosmology Project (cfr. paper VI) e dal nuovo quadro cosmografico presentato alla SAIIt2008 di Teramo (cfr. paper VII), a conclusiva conferma della macroscopica evidenza osservativa dell'Universo in espansione dal centro dell'enorme vuoto di Bahcall & Soneira (1982), si è reso necessario esperire un primo semplificato tentativo di analisi dell'implicita cosmologia a livello comparativo, con la conseguente confutazione di alcuni fondamenti della cosmologia standard del XX secolo, vale a dire quella scaturita dalla teoria canonica della relatività generale di **Albert Einstein** ed il connesso attuale modello della concordanza o  $\Lambda$ CDM. Al riguardo una premessa è d'obbligo: Einstein era un fisico, un grandissimo fisico teorico, ma non era un astronomo! Tale affermazione può sembrare banale; non lo è semplicemente perchè all'inizio del 900' la cosmologia intesa come **scienza galileiana** del cosmo, quindi basata sui dati osservativi e astronomici, non era ancora nata. La relatività generale cosmologica del 1917 descriveva un ipotetico Universo stazionario che però, 12 anni dopo, veniva definitivamente falsificato dalla scoperta astronomica dell'espansione dell'Universo, ad opera dell'astronomo **Edwin Hubble** (1929).

### 1.1 Il Big Bang di Hubble

La scoperta dell'espansione dell'Universo è praticamente indisgiungibile da quella del Big Bang, se naturalmente vogliamo intendere il **Big Bang** come la **fase iniziale dell'espansione cosmica**. Bisogna però fare distinzione, e non è facile, fra teoria ed osservazione.

Sul fronte teorico, però condizionato dai progressi di cosmologia osservativa in itinere dal 1912 a tutti gli anni 20', particolarmente per merito di Vesto Slipher prima ed Edwin Hubble poi, dovremmo prender atto che fu l'astronomo **abate belga Georges Lemaitre** nella pubblicazione del 1927, indipendentemente dall'analogo lavoro datato 1922 del teorico **russo Alexander Friedmann** (sfortunatamente già deceduto nel 1925), il primo ad interpretare l'instabilità delle equazioni di Einstein (nello scenario cosmologico relativistico senza centro di espansione) come espressamente significativa di una soluzione compatibile con uno stato iniziale di concentrazione dell'intero Universo, che lo stesso Lemaitre definì in seguito "atomo primevo", dalla cui frammen-

tazione, il Big Bang appunto, si sarebbe originato il Cosmo evolutivo che osserviamo.

Essendo stata la suddetta interpretazione di tipo essenzialmente teorico-speculativo, potremmo malignamente cercar di vedere in essa anche il movente politico-religioso dello scienziato sacerdote, il quale, in base alla sua profonda convinzione e fede nella creazione biblica e nella rivelazione di Cristo, doveva necessariamente adoperarsi con rigore scientifico per rintuzzare il tentativo ateistico di presentare un Universo eterno ed immutabile nello spazio e nel tempo.

Illazioni e dietrologia a parte, resta il fatto che Lemaître prevede per primo il Big Bang, con l'avvallo matematico, anticipatore ma postumo, del grande Friedmann. Contestualmente, nello stesso lavoro del 1927, Lemaître prospettava una legge di espansione simile alla legge di Hubble del 1929, come conseguenza della sua critica lettura delle equazioni di Einstein. Pertanto, è a mio avviso scorretto e fuorviante continuare ad affermare che l'espansione dell'Universo è stata prevista dalla relatività generale. Prova provata di tale equivoco è la durevole avversione che il grande Einstein ebbe nei confronti sia del bolscevico Friedmann che del cosmologo prete, i quali osavano falsificare matematicamente il suo modello di Universo stazionario, senza inizio e senza fine. Ma a distanza di una quindicina d'anni dalla pubblicazione conclusiva della cosmologia relativistica generale, non pochi in verità, Einstein si sarebbe dovuto forzatamente ricredere sul lavoro di Friedmann e Lemaître, dopo che divenne di pubblico dominio scientifico la macroscopica evidenza astronomica dell'espansione dell'Universo, secondo la nota **relazione empirica velocità-distanza di Hubble** (detta anche **legge di Hubble-Humason**):  $v = H_0 d$ . Di fronte alla prova astronomica dei fatti, Einstein si sentì di dover correre repentinamente ai ripari; infatti nel **1932**, l'anno successivo ad un suo prolungato soggiorno a Pasadena (nel corso del quale ebbe lunghi colloqui con Edwin Hubble), egli pubblicò insieme all'astronomo Willem de Sitter il famoso **modello cosmologico** che porta i loro nomi, dove sono posti uguale a zero sia la costante cosmologica che la curvatura dello spazio che la pressione cosmica. In pratica il ricorso al **modello di Einstein-de Sitter** segnò un **vero e proprio ripudio della cosmologia della relatività generale in favore del Big Bang in uno spazio euclideo**, col risultato notevole di un Universo in espansione decelerata, con età  $t_0 = \frac{2}{3}H_0^{-1}$ , comunque senza centro di espansione ma sempre in accordo ad un principio cosmologico rimasto valido solo a parità di epoca cosmica. In successione a questi nuovi e sconvolgenti risultati, pochi anni dopo, tra il **1933** e il **1935** **Edward Arthur Milne** sviluppò un corposo modello cosmologico alternativo fondato sulla sola relatività speciale e sul nuovo principio cosmologico qui formalmente dichiarato, con  $G$  variabile crescente col tempo, mentre nel **1937-38**, **Paul Dirac** pubblicò la sua **LNH** (Large Numbers Hypothesis), con  $G$

variabile ma decrescente all'avanzare del tempo in modo inversamente proporzionale al pari di  $H$ . Sottolineamo subito che l'Universo di Dirac, molto più decelerato di quello di Einstein-de Sitter, produce la stessa età che scaturisce indipendentemente dal modello a centro di espansione (*ECM* in sigla)(autore, 1999ab, 2002), cioè  $t_0 = \frac{1}{3}H_0^{-1}$ .

Tornando ad **Hubble**, ecco dunque la scoperta osservativa vera e propria (fisicamente supportata dai "redshifts" galattici) dell'**espansione cosmica** datata 1929, **originata dal Big Bang** del 1927 **di Lemâitre**, il quale in tal senso sembra aver lui indirizzato l'importante indagine astronomica sulla recessione delle "nebulae" (ma potrebbe esser vero anche il contrario), in itinere di quel decennio. Al Big Bang concepito da Lemâitre dobbiamo infine aggiungere il modello teorico di **Big Bang caldo del 1946 di George Gamow**. Allora la speculazione del fisico russo-americano, già allievo di Friedmann, si era spinta fino ad ipotizzare **un Universo rotante** (Gamow, 1946) con momento angolare e quindi anche la possibile presenza di un lontanissimo centro dell'Universo (in analogia al caso descritto dall'*ECM*), al di fuori della portata dei telescopi. Addirittura in una lettera ad Einstein, Gamow suggeriva che un Universo rotante sarebbe stato più idoneo a descrivere il Big Bang. Ma Einstein, così come fece molti anni prima con Friedmann e Lemâitre a proposito della soluzione espansiva delle sue equazioni, contrariò anche questa semplice intuizione, affermando di non trovare l'idea affatto "exiting"; anzi, nella sua critica risposta a Gamow, egli precisò di considerare l'ipotesi di un tale Universo rotante con momento angolare come una ipotesi completamente priva di significato (cfr. Kragh, 1996).

In sintesi possiamo dunque considerare a tutti gli effetti **Lemâitre padre del Big Bang di Hubble** (ma anche di **Slipher** e **Humason** per i loro essenziali contributi astronomici), con la profetica benedizione matematica di **Friedmann**, il geniale apporto teorico di **Dirac** e la grande impresa astrofisica di **Gamow**, partendo però dalla cruciale e propulsiva cantonata cosmologica di Einstein, parzialmente rimediata con il modello euclideo di **Einstein-de Sitter** sempre in accordo al principio cosmologico formalizzato da **Milne** (1933).

Da allora, precisamente dopo quella prima metà del 900', i progressi della ricerca scientifica cosmologica, sia osservativa che teorica, sono cresciuti esponenzialmente insieme alla tecnologia, all'elettronica e all'esplorazione spaziale; ma il quadro emergente dalle osservazioni è risultato piuttosto diverso dalle previsioni teoriche, nonostante i continui sforzi di voler ricondurre la realtà osservata alla conoscenza razionale già elaborata, la quale si è invece trovata costretta a dover sempre rincorrere la prima, come è accaduto recentemente col ripescaggio della già ripudiata costante cosmologica  $\Lambda$ .

La lezione di questa vicenda scientifica è molto semplice. Essa dimostra come una grande teoria della scienza moderna, qual è la relatività generale, sia falsificabile, quindi rigorosamente scientifica; in altri termini una teoria scientifica non è mai vera; essa può esser solo corroborata, ma prima o poi deve necessariamente subire il duro verdetto di quello che oggi è considerato, non senza preoccupazione e fastidio, il **processo di falsificazione di Karl Popper** (Magee, 1973).

## 1.2 La falsificazione del Principio Cosmologico

Iniziamo col soffermarci sul principale fondamento implicito della cosmologia relativistica, cioè sul famigerato Principio Cosmologico, risalente nella forma primitiva addirittura a **Giordano Bruno**. Detto principio, in termini succinti, afferma che tutti gli osservatori sono equivalenti nell'Universo, cioè che nell'Universo non vi sono punti privilegiati, come era invece stata considerata la Terra nella visione pre-**copernicana**, con l'eccezione della geniale intuizione eliocentrica di **Aristarco di Samo** (III sec. a.C.). La ragione empirica di tale postulato risiedeva nella presunta visione isotropa dell'Universo, secondo le potenzialità e aspettative teoriche della cosmologia osservativa; in altri termini il Principio Cosmologico costituisce una risposta radicale alla storica presunzione geocentrica, escludendo sia l'uomo al centro dell'Universo che il centro dell'Universo per l'uomo. Però si dà il caso che oggi sia possibile falsificare il Principio Cosmologico. In parole semplici l'Universo non solo appare piuttosto eterogeneo all'osservazione ma addirittura presenta una regolare anisotropia dipolare; infatti il Cosmo osservabile ha un **centro di espansione** dal quale tutte le galassie stanno allontanandosi a seguito del Big Bang, in forte decelerazione e probabile moto rotatorio attorno al loro asse cosmico istantaneo di rotazione. Tale centro, distante da noi un po' meno di un miliardo di anni luce ( $\sim 260 Mpc$ ), ha addirittura una controparte fisico-cosmografica, che è osservabile indirettamente, coincidendo essa con il **centro dell'enorme vuoto statistico di  $\sim 300 h^{-1}Mpc$**  che **Bahcall & Soneira** descrissero nell'articolo del 1982, l'anno successivo alla pubblicazione della scoperta del **grande vuoto di Bootes** da parte di **Kirshner et al.** (1981). La prova inconfutabile dell'esistenza del centro di espansione ci viene dalla corroborata verifica astronomica e soluzione analitica di un **dipolo cosmico della velocità di espansione**, proprio lungo la direzione del centro di questo **"huge void"**, riscontrabile a tutte le profondità, fino a quella della radiazione cosmica di fondo (autore, 1989-91-93-96-99ab-2003b-04-08). Il riconoscimento di questo nuovo ma misconosciuto fatto osservativo ha di per sé una duplice potenzialità: la **falsificazione del Principio Cosmologico** e contestualmente l'**affermazione del centro di espansione dell'Universo come nuovo paradigma scientifico**: secondo **Thomas Kuhn**

(1962) siamo quindi nelle condizioni di una vera e propria rivoluzione scientifica.

Infatti, se alla caduta del Principio Cosmologico per la scoperta astronomica del centro di espansione associamo, sulla base dell'*ECM*, la prevista rotazione rigida dell'Universo per porzioni o parti limitate e la constatazione meccanica di una costante di gravitazione universale  $G$  decrescente con la densità della materia del Cosmo (cfr. paper VII), dal Big Bang ad oggi, in analogia a quanto previsto dalla teoria LNH di **Paul Dirac** (1937-38) ed in accordo con le misurazioni radar nel sistema solare di Irwin **Shapiro** (1971-74-76), arriviamo necessariamente alla **falsificazione delle equazioni cosmologiche di Einstein**, che trattano un Universo fondato appunto sul Principio Cosmologico, quindi senza punti privilegiati come invece è il centro di espansione, senza rotazioni cosmiche attorno a tale centro e con  $G$  assolutamente costante. La reintroduzione della costante cosmologica  $\Lambda$  nel recente modello della concordanza  $\Lambda$ CDM non modifica la situazione, anzi la peggiora in senso strettamente scientifico, trattandosi appunto di contromisura priva di interpretazione fisica, quindi metafisica, creata ad hoc, come la "quinta essenza" di **Aristotele**.

### 1.3 Partendo dallo storico effetto RFR (1973)

Il quadro appena delineato ha da tempo la sua prima pesante prova cosmologica osservativa, risalente alla scoperta dello storico benchè sottostimato e mal interpretato effetto RFR (**Rubin Ford Rubin, 1973**). Tale effetto mise già allora in luce una anisotropia netta di circa il 20% della costante di Hubble; ma ad esso non si volle dare il credito dovuto, a parte poche eccezioni, come ad esempio quella di **Pecker et al.** (1975). Analoga indifferenza venne riservata al peculiare diagramma di Hubble ad ampio cuneo assemblato da **Sandage & Tammann** (1975) (mentre continuava ad imperversare la diatriba sul valore di  $H_0$  fra  $\sim 50$ , di Sandage, e  $\sim 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ , di de Vaucouleurs), al dipolo ottico di **Lahav** (1987), praticamente puntato verso il centro del "huge void of **Bahcall & Soneira**" (1982) (BSHV in sigla), mentre una più apparente ma diversificata attenzione andò alla grande muraglia di **Geller & Huchra** (1989), situata in zona avvolgente il BSHV, così come alla sofferta scoperta del dipolo della 3K o Cosmic Microwave Background (CMB in sigla), a partire dal primo annuncio di Edward **Conklin** (1969), fino alla definitiva scoperta ad opera del team di **Smoot**, dall'U2 (1977) al satellite COBE (1992). Il dipolo della 3K venne però interpretato esclusivamente in termini cinematici del Gruppo Locale.

**Resta il fatto che Vera Rubin, Kent Ford e Judith Rubin avevano per primi evidenziato, con una breve ed autorevole pubblicazione del 1973, una variazione direzionale dell'espansione dell'Universo!**

Personalmente, - avendo dall'epoca dell'effetto RFR perseguito con ostinazione una visione cosmografica alternativa (basata sulla classica convinzione già maturata ai tempi del liceo che l'espansione dovesse procedere dal punto centrale del Big Bang), concretizzatasi scientificamente solo nel 1988 con la formulazione preliminare del modello a centro di espansione, che subito risolveva la storica diatriba Sandage-de Vaucouleurs sul valore di  $H_0$ , spiegando il diagramma di Hubble ad ampio cono come effetto di dipolo di espansione attorno al valore intermedio osservato  $H \cong 75 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ , per consolidarsi (a seguito della scoperta empirica nel 1995 di un ampio incremento di  $H$  con la distanza (autore, 1995ab, 1996)) nella formulazione rigorosa del modello a centro di espansione denominato *ECM* (autore, 1999ab), dove addirittura risultò  $H_0 = 69.8 \pm 2.8 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  **dai dati di Sandage & Tammann del 1975** su galassie individuali dell'Universo vicino, - dopo tanti anni di censura subita prima, sabotaggio poi e infine silenzio ufficiale da parte della comunità scientifica internazionale sui lavori congressuali presentati e pubblicati **grazie soprattutto alla Società Astronomica Italiana**, trovo comunque conforto nel non sapermi solo in questa troppo grande ed epica impresa, la quale annovera infatti uno stuolo di importanti scienziati protagonisti, tra cui, oltre ai sopracitati Rubin, Ford, Rubin, Sandage and Tammann, Kirshner et al., Bahcall and Soneira, Lahav, Geller and Huchra, Pecker et al., Shapiro, Conklin, Smoot et al., vorrei ricordare con grande considerazione scientifica, oltre ai giganti Galilei-Newton-Einstein, anche gli storici filosofi della natura, Aristotele, Aristarco di Samo, Tolomeo, Copernico e Giordano Bruno, quindi i moderni filosofi della scienza Karl Popper e Thomas Kuhn, in particolare gli illustri cosmologi Hubble, Slipher, Humason, Lemaitre, Friedmann, de Sitter, Milne, Dirac, Gamow, Ambartsumian, Abell e de Vaucouleurs, poi ancora gli scienziati Aaronson, Corwin, Olowin, Lucey, Carter, Lipovetsky, Hoessel, Gunn, Thuan, Batuski, Burns, Lynden-Bell, Faber, Burstein, Davies, Dressler, Terlevich, Wegner. Inoltre, per i personali e diversi contributi a vario titolo succedutisi negli anni, intendo qui esprimere la mia riconoscenza al mio caro maestro Alberto Masani e a tanti amici astronomi e professori accademici, fra i quali, "in primis", Attilio Ferrari, Remo Ruffini, Francesco Bertola, Dennis Sciama, Cesare Barbieri, Walter Ferreri, quindi Mauro Francaviglia, Tullio Regge, Guido Chincarini, Giorgio Sedmak, Francesco Lucchin, Duccio Macchetto, Silvano Massaglia, Piero Galeotti, Nicola Vittorio, Giampaolo Vettolani, Giancarlo Setti, Giorgio Palumbo, Agatino Rifatto, Piercarlo Bonifacio, Alfonso Cavaliere, Luca Amendola, Roberto Buonanno, Vincenzo Zappalà, Franco Scaltriti, Giovanni De Sanctis, Anna Curir, Mario Di Martino, Mario Gilberto Lattanzi, Alberto Cora, Paolo Maffei, Giuseppe Caprioli, Sandro Bardelli, Alberto Cappi, Lauro Moscardini, Elena Zucca, Massimo Persic, Paolo Salucci, Giuliano

Giuricin, Fabio Mardirossan, Marino Mezzetti, Massimo Capaccioli, Salvatore Serio, Enrico Maria Corsini, Mario Nonino, Leo Girardi, Simone Zaggia, Anna Wolter, Ester Antonucci, Maria Adele Doderò, Edo Trussoni, George Coyne S.I., Antonaldo Diaferio, Lucio Paternò, Mauro Dolci.

Infine voglio ancora ricordare come preziosi interlocutori tanti concittadini italiani, di Piemonte-Liguria-Calabria-Roma, i soci del Centro Studi Astronomia, i miei allievi di Mondovì, i colleghi di scuola e del Senato della Repubblica, in particolare gli amici Marco Preioni e Monica Tarchi, insieme ai miei cari Stefano e Andrea e familiari, con espressione di sincera gratitudine per il dono dell'incoraggiamento e attenzione ricevuti in questa incredibile avventura di conoscenza cosmica.

\*Nota all'introduzione\*

Si precisa che il presente paper VIII completa la serie dei riferimenti denominati paper I-II-III-IV-V-VI-VII, l'ultimo dei quali, il paper VII, "Cosmic mechanics of the nearby Universe within the expansion center model with angular momentum conserved", è stato pubblicato on-line in formato pdf sul sito [www.sait.it](http://www.sait.it), sotto le seguenti etichette consecutive: ARCHIVIO EVENTI, 2008 - LII Congresso Nazionale della SAI, Presentazioni Talks.

## **2. TRATTI DI COSMOLOGIA CON CENTRO DI ESPANSIONE**

Una nuova cosmologia fondata sull'inequivocabile scoperta astronomica del centro di espansione dell'Universo è difficilmente riconducibile a quella relativistica, che è invece fondata sul Principio Cosmologico ed una teoria della gravità intesa come proprietà geometrica dello spazio tempo. D'altronde è anche difficile concepire come una rivoluzione copernicana al contrario, capace di falsificare galileianamente lo scenario einsteiniano di un Universo immaginato indifferenziato e senza centro come risposta alla visione geocentrica tolemaico-aristotelica, possa cercare di preservare una teoria matematica negazionista dell'interazione fisica più importante sulla struttura a larga scala dell'Universo. Ancora, è doveroso prendere atto che una disciplina come la cosmologia relativistica generale, sviluppata con grande dispendio di energie e risorse nel corso di quasi un secolo a livello essenzialmente accademico, ha incontrato progressivamente sempre maggiori difficoltà di conciliazione con l'attuale cosiddetta cosmologia osservativa, alla quale si è recentemente affiancata con ingenti investimenti internazionali l'astronomia delle onde gravitazionali, previste appunto dalla relatività generale di Einstein ma mai osservate. E che non si dica che tali grosse difficoltà non son vere, solo perchè non si è mai arrestata la rincorsa accademica dei tanti fatti nuovi, sotto la vigile tutela dei potenti guardiani del tempio della scienza ufficiale!

In questa circostanza si proverà comunque ad apportare un parziale contributo critico alla suddetta rincorsa, cercando di affrontare il problema di una possibile **cosmologia della concordanza con centro di espansione** nel solo modo congeniale allo scrivente, vale a dire **in chiave astronomica e newtoniana**, quindi con la valorizzazione del tanto ripudiato "senso comune", che invece è quel "buon senso" proprio della razionalità figlia dell'esperienza umana.

## 2.1 "Light-space & cosmic medium"

Nel contesto cosmologico del modello a centro di espansione, il tempo  $t$ , notoriamente definito quarta dimensione, viene sempre considerato nel suo significato epocale di **tempo cosmico** a partire dal Big Bang, coincidente col tempo **proprio** dell'espansione cosmica in quanto misurato da orologi pressocché solidali col macroscopico **flusso di Hubble** o mezzo cosmico in espansione (altrimenti assimilabile all'ipotetico **etere di Lorentz** (cfr. Selleri, 2003)), in particolare da orologi terrestri, ed eventualmente ricondotto ad uno specifico fenomeno fisico all'interno di tale flusso, qual è lo spazio  $r$  percorso dalla luce, che chiameremo sinteticamente "**light-space**". Infatti, una volta assunto come principio elementare l'evento fisico della propagazione ondulatoria della luce nel "**cosmic medium**" (**CM** in sigla) in espansione, con velocità costante rispetto al CM secondo la classica formulazione  $c = \lambda/T$ , si ottiene

$$\lambda = cT \Rightarrow d\lambda = cdT \Rightarrow \lambda + \Delta\lambda = c(T + \Delta T) \Rightarrow \lambda_0 = cT_0 \quad (1)$$

che in pratica sancisce la **interscambiabilità** tra  $T$  e  $\lambda$ , cioè fra la durata o vita di una oscillazione in un punto e la distanza istantanea fra due massimi consecutivi dell'onda. Quindi la precedente assunzione, con valenza di principio fisico, lega in modo essenziale lo scorrere del tempo ad un fenomeno naturale, l'oscillazione elettromagnetica.

In altri termini **l'espressione 1 rappresenta l'effetto fisico dell'espansione del mezzo cosmico sulla propagazione ondulatoria della luce, cioè la costanza di  $c$  nel CM.**

Conseguentemente alla definizione appena formulata, la **distanza  $r$  in "light-space"**, definita come percorso della luce fra due punti interni al flusso di Hubble, risulta dal **prodotto della velocità della luce**  $-c$  emessa dal punto sorgente verso il punto origine-osservatore (che vede  $c$  costante secondo l'eq. 2 e preceduta dal segno meno perchè in avvicinamento) **con l'intervallo di tempo passato e finito**,  $\Delta t = t - t_0$ , impiegato per completare il percorso all'interno di tale

flusso, cioè come

$$r = -c \cdot (t - t_0) \quad \text{with} \quad -c = \frac{\delta r}{\delta t} \quad (2)$$

, dove  $t_0$  è costante di riferimento rappresentante l'epoca attuale di ricezione del segnale luminoso emesso all'epoca  $t$  e  $\delta r$  **indica lo spazio infinitesimo percorso**, nell'infinitesimo tempo passato e negativo  $\delta t$ , **dalla luce** diretta verso l'osservatore con velocità costante rispetto al CM per tutto il tempo di viaggio  $\Delta t$ . In tal senso la distanza  $r$  in light-space della (2) può essere considerata "fittiziamente" la stessa di quella della sorgente all'epoca  $t$  dell'emissione della luce che riceviamo oggi; in realtà, avendo assunto l'espansione del CM secondo la (1), **la distanza fra due punti cresce con l'espansione** e resta costante solo se considerata in unità di misura del CM, cioè come numero di lunghezze d'onda; tuttavia la  $r$  della (2) come  $-c\Delta t$ , trattandosi della totale distanza spaziale percorsa dalla luce emessa all'epoca  $t$  con velocità costante  $c$  rispetto ad un cosmic medium CM in espansione ed assunto solidale sia con la sorgente al momento dell'emissione che con l'osservatore al momento della registrazione, diventa necessariamente lo **spazio luce percorso e riferito a quell'epoca passata**.

Se ora deriviamo l'eq. 2 rispetto al **tempo passato**  $t$ , dopo aver assunto (paper V, sez 4.7)

$$dt \equiv T = 1/\nu = \lambda/c \quad dt_0 \equiv T_0 = 1/\nu_0 = \lambda_0/c \quad (3)$$

in base alla interpretazione data alla (1), che permette di considerare fenomeno fisico di riferimento il fotone il cui periodo passa dal valore  $T$ , nel CM all'epoca della sua emissione, al valore  $T_0$ , nel CM all'epoca della sua osservazione, si ottiene

$$\frac{dr}{dt} = -c \cdot \left(1 - \frac{dt_0}{dt}\right) = c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (4)$$

La formula (4), essendo  $z = \Delta\lambda/\lambda$  con  $\Delta\lambda = \lambda_0 - \lambda$ , dà **il tasso di variazione della distanza  $r$  in "light-space" rispetto al tempo dell'emissione**; essa coincide con la classica

$$\dot{r}_{obs} = c \cdot z \quad (5)$$

**L'eq. 5 rappresenta la velocità osservabile dei punti solidali col flusso di Hubble, cioè la misura della velocità di espansione del CM all'epoca  $t$** ; questa risulta comunque dall'osservazione effettuata all'epoca  $t_0$  della luce emessa all'epoca  $t$  e senza correzioni relativistiche speciali (quelle della relatività ristretta), che invece possono interessare solo i moti materiali locali, interni al mezzo cosmico o etere di Lorentz in espansione secondo la legge di Hubble.

## 2.2 Analisi della legge di Hubble con centro di espansione

Il punto di partenza è quindi dato dall'assunzione, in base ad un classico processo di Big Bang (cfr. sez. 4.2.1 - 4.2.3 ed eq. 50), di un modello di espansione radiale fondato sull'equazione fondamentale

$$\dot{R} = \frac{dR_{(km)}}{dt} = HR \quad (6)$$

la quale, come pura legge di Hubble, anzichè esser centrata sulla galassia, qui viene spostata nel centro dell'enorme vuoto di Bahcall & Soneira, cioè nell'acclarato centro di espansione cosmica, alla distanza  $R$  dalla Milky Way (MW) dell'epoca passata  $t$ . Pertanto l'equazione precedente rappresenta la velocità radiale della nostra Galassia, di cui la ben nota costante di Hubble all'epoca attuale  $t_0$  prende il valore  $H_{MW} = H_0$ , mentre la sua differenza finita come

$$\Delta\dot{R} = (H + \Delta H)(R + \Delta R) - HR = H\Delta R + R\Delta H + \Delta H\Delta R \quad (7)$$

rappresenta l'incremento di velocità radiale di una qualsiasi galassia alla distanza  $R + \Delta R$  dal centro di espansione, la cui costante di Hubble  $H$  registra l'incremento  $\Delta H$ .

Se ora nell'eq. 6 (cfr. sez. 4 del paper I) effettuiamo la sostituzione  $dt = \delta t = -\delta r_{(km)}/c$ , secondo la (2) dove la velocità della luce  $c$  risulta dal differenziale di  $r$  con  $t_0$  assunto costante, essendo qui  $dt$  il numero negativo di secondi-luce corrispondenti alla distanza  $\delta r$  coperta in passato dalla luce emessa da un'ipotetica sorgente osservata, segue immediatamente

$$\frac{\delta R_{MW}}{\delta r} = -\frac{H_{MW}R_{MW}}{c} \quad (8)$$

che al primo ordine, per  $r \rightarrow 0$ , può essere risolta nella forma

$$R_{MW}(r) = R_0 + q_0 r + \dots \quad (9)$$

con

$$q_0 = -\frac{H_0 R_0}{c} \quad (10)$$

Poichè il precedente  $q_0$  è una quantità adimensionale, è possibile adottare direttamente l'unità megaparsec ( $Mpc$ ) per  $R$  ed  $r$ , così come è per il rapporto  $c/H_0$  nelle unità di Hubble. Praticamente l'eq. 9 dà l'andamento lineare di  $R_{MW}$  verso  $r$ , cioè **la distanza  $\mathbf{R}$**  della nostra galassia dal centro di espansione **in funzione del "light-space"  $\mathbf{r}$** , quindi riferita all'epoca dell'emissione luminosa dalla sorgente osservata; in altri termini l'eq. 9 ci dà la variazione col tempo della distanza radiale

$R_{MW}$  della Milky Way dal centro dell'enorme vuoto di Bahcall & Soneira. Naturalmente  $R_0$  rappresenta la  $R_{MW}$  della nostra galassia alla nostra epoca  $t_0$ . Derivando ancora la (8) si ottiene una diversa formulazione della decelerazione  $\ddot{R}$ , cioè

$$\frac{\delta^2 R_{MW}}{\delta r^2} = -\frac{R_{MW}}{c} \frac{\delta H_{MW}}{\delta r} - \frac{H_{MW}}{c} \frac{\delta R_{MW}}{\delta r} \quad (11)$$

da cui segue

$$\left( \frac{\delta H_{MW}}{\delta r} \right)_{r=0} = \frac{H_0^2}{c} - \frac{c}{R_0} \left( \frac{\delta^2 R_{MW}}{\delta r^2} \right)_{r=0} = K_0 \quad (12)$$

che, sempre al primo ordine, dà

$$H_{MW}(r) = H_0 + K_0 r + \dots \quad (13)$$

Quest'ultima formula, analogamente alla  $R$  della (9), fornisce l'andamento della **costante di Hubble relativa alla nostra galassia come funzione del "light-space"  $r$  in megaparsecs**.

A sua volta la distanza  $r$ , intesa sempre come lo spazio-luce della (2), può essere espressa in funzione di  $R$  secondo la formulazione trigonometrica seguente

$$r^2 = R^2 + (R + \Delta R)^2 - 2R(R + \Delta R) \cos w \quad (14)$$

L'espressione 14 si riferisce al **triangolo euclideo** con vertici nel centro di espansione  $C$ , nell'osservatore  $O$  e nella galassia osservata  $A$  distante  $r$  da  $O$  ed  $R + \Delta R$  da  $C$ , essendo  $w$  l'angolo in  $C$ ; la sua derivazione rispetto al tempo passato  $t$  (cfr. sez. 5.1 del paper I), con l'introduzione delle eqs. 6 e 7, dà infine la seguente equazione di espansione, o **nuova legge di Hubble con centro di espansione**, essendo  $\gamma$  l'angolo in  $O$  fra la direzione di  $C$  e quella di  $A$ , nella forma

$$\dot{r} = Hr + \Delta H \cdot (r - R \cos \gamma) + \dot{w}R \sin \gamma \quad (15)$$

, ma con l'integrazione delle correlate formulazioni 2,5,9,13.

In questo contesto, partendo dalla definizione di  $r$  secondo la (2), sia  $H$  che  $R$  (quindi anche  $\gamma$ ) sono funzioni di  $r$ ; trascurando  $\dot{w}$ , che mediamente è assunto uguale a zero nell'Universo vicino, restano  $\dot{r}$  e  $\Delta H$ ; ma se  $\dot{r}$  è il valore osservato  $\dot{r}_{obs} = cz$  all'epoca  $t_0$  secondo la (4), necessariamente  $\Delta H$  deve rappresentare il valore osservato alla stessa epoca, cioè la differenza finita

$$\Delta H = H_{ga}(r) - H_0 = \Delta H_{ga} + \Delta H_{MW} \quad (16)$$

dove è  $\Delta H_{MW} = H_{MW}(r) - H_0 = K_0 r + \dots$  secondo la (13), mentre un valore di

$\Delta H_{ga} = H_{ga} - H_{MW}(r) \neq 0$  diventa cruciale perchè significativo della condizione di anisotropia

e disomogeneità dell'Universo, diversamente dal vero e proprio *ECM* (cfr. sez. 1.1-1.2 del paper II), che contempla proprio  $\Delta H_{ga} = 0$  fra le diverse condizioni assunte (cfr. sez. 3 del paper VII).

### 3. EQUAZIONI DI EINSTEIN IN COSMOLOGIA NEWTONIANA

La scoperta dell'espansione dell'Universo secondo la legge di Hubble

$$\dot{r} = Hr \quad (17)$$

ha sollecitato la costruzione di algoritmi matematici capaci di giustificare tale legge. L'adozione del Principio Cosmologico unitamente all'introduzione del fattore di scala  $R(t)$  costituiscono la preliminare risposta della cosmologia relativistica, nella quale la distanza  $r_{ij}$  fra una coppia di galassie  $i$  e  $j$  viene espressa nella forma  $r_{ij} = d_{ij}R(t)$ , dove  $d_{ij}$  è una costante adimensionale, definita coordinata comovente di quella particolare coppia di galassie, ed  $R(t)$  è una funzione universale del tempo, con dimensione di distanza, che rappresenta l'espansione del Cosmo.

Infatti si ha (cfr. Smith, 1995)

$$\dot{r}_{ij} \equiv \frac{dr_{ij}}{dt} = d_{ij} \frac{dR}{dt} = r_{ij}(t) \left( \frac{\dot{R}}{R} \right) (t) \equiv H \cdot r_{ij} \quad (18)$$

dove è

$$\dot{R} = HR \quad (19)$$

La precedente relazione, discendente dalle assunzioni inerenti alla validità della (18) per una qualsivoglia coppia di galassie, interessa il fattore di scala  $R(t)$  e definisce di concerto la costante di Hubble  $H = H(t)$ , la quale risulta variabile solo col tempo cosmico. Come tale la (19) discende dal Principio Cosmologico.

Potremmo legittimamente invertire il percorso; cioè partire da una legge tipo 19, ma significativa di un'espansione radiale di Hubble propria di un **modello euclideo di Universo con centro di espansione** secondo l'eq. 6, dove  $\dot{R}$  rappresenta direttamente la velocità radiale di fuga di una scheggia di Universo a distanza  $R$  dal centro di espansione, e derivare da essa la nuova legge di Hubble 15, eventualmente più aderente della eq. 17 alla realtà astronomica osservata, a partire dal più affidabile Universo vicino.

La legge 6 o 19, integrata dall'espressione di una prima funzione  $H = H(t, R)$ , è stata inizialmente ricavata nel contesto della fase modellistica preliminare (autore 1989, cfr. anche sez. 2 del paper I), come risultato dell'ipotizzato "toy-model" di Big Bang. In questo caso **le equazioni**

**di Einstein**, che nella forma più elementare rappresentano la sola **accelerazione radiale** gravitazionale  $\ddot{R}$  indotta da un globo sferico omogeneo (di massa  $M$  costante e densità  $\rho = \rho(t)$ ) centrato **su un qualsiasi punto dell'Universo**, la prima, e la conservazione dell'energia meccanica per integrazione della prima, la seconda, assumono il classico significato della **meccanica newtoniana**. Eccole di seguito, con l'aggiunta della controversa costante cosmologica  $\Lambda$  e la nota costante di gravitazione universale  $G$ , le quali, al pari della costante di integrazione  $K$  e diversamente dalla costante di Hubble  $H$ , qui risultano rigorosamente costanti nel tempo cosmico.

$$\ddot{R} = -\frac{GM}{R^2} + \frac{\Lambda}{3}R \quad (20)$$

$$\frac{\dot{R}^2}{2} - \frac{GM}{R} - \frac{\Lambda R^2}{6} = K \quad (21)$$

La costante  $K$  dell'eq. 21 rappresenta la curvatura dell'Universo relativistico; un suo valore uguale a zero ( $K = 0$ ) esprime comunque lo spazio piano della geometria euclidea.

La prima equazione elementare di Einstein (20), applicata ad una qualsiasi galassia in fuga dal centro del globo sferico considerato, o dall'origine del relativo riferimento, perde però il suo significato di relatività generale nell'Universo a centro di espansione. Diversamente, **se il riferimento cosmico ha l'origine coincidente col centro di espansione**, la (20) mantiene una sua validità particolare, che è assimilabile al caso in cui fosse proprio  $\frac{\Lambda}{3} \equiv \dot{\vartheta}^2$ . Solo in questo caso specifico  $\Lambda$  sancirebbe la presenza di una rivoluzione angolare costante della galassia intorno al centro di espansione, fin dall'epoca del Big Bang ma senza conservazione del momento angolare, quindi di una accelerazione centrifuga crescente con  $R$ , la quale verrebbe a produrre un'espansione accelerata, con  $\ddot{R} > 0$  per  $R > (3MG/\Lambda)^{\frac{1}{3}}$ ; in tale speciale circostanza, della costante  $\Lambda \equiv 3\dot{\vartheta}^2$  in un contesto euclideo con  $K = 0$ , l'equazione dell'energia 21, essendo  $v^2 = \dot{R}^2 + R^2\dot{\vartheta}^2$ , dovrebbe essere riscritta nella forma

$$\frac{v^2}{2} - \frac{GM}{R} - \frac{\Lambda R^2}{3} = 0 \quad (!)$$

dove il termine  $\frac{\Lambda R^2}{3}$  denuncia la presenza di una crescente energia oscura di repulsione, che implicherebbe addirittura una velocità  $v \rightarrow \infty$  per  $R \rightarrow \infty$  !

### 3.1 Tre Universi di Einstein

Se accettiamo le equazioni elementari di Einstein (20)(21), applicate ad un riferimento cosmico centrato sul centro di espansione ma con la  $G$  rigorosamente costante, possiamo facilmente dimostrare come da esse scaturiscono almeno 3 diversi prototipi di Universo, che indicheremo di seguito con la sigla **EU**, a seconda del valore attribuito alla costante cosmologica  $\Lambda$ :

**EU1** - Il primo modello di **Universo einsteiniano** è quello **statico**, senza espansione nè contrazione nè rotazione, in cui  $\Lambda$  assume un valore preciso, quello imposto dall'equilibrio. In questo caso l'Universo è eterno ed esiste da sempre, cioè ha un'età infinita. Matematicamente dalla (20) si ottiene:

$$\ddot{R} = 0 \Rightarrow \Lambda = \frac{3GM}{R^3} = 4\pi\rho G \Rightarrow t = \infty \quad (22)$$

Se invece volessimo dare alla costante cosmologica il summenzionato significato fisico di tripla velocità angolare quadratica ( $\Lambda = 3\dot{\nu}^2$ ), otterremmo conseguentemente il risultato  $\dot{\nu}^2 \cong 4\rho G$ , che ha il merito di confermare una rotazione con velocità angolare costante di qualsiasi punto a qualsiasi distanza  $R$  dal centro di attrazione gravitazionale. In tale ipotetico caso potremmo contare (almeno in teoria) una pseudo-infinità di moti orbitali circolari, di ugual periodo, su piani diversi ma tutti attorno allo stesso centro, col risultato intuibilissimo di un'altrettanta pseudo-infinità di moti relativi di avvicinamento o allontanamento, a seconda dei casi. Questa estrema possibilità, che da sola certamente non ha oggi riscontro nell'universo osservato, ma che avrebbe potuto essere considerata prima dell'esordio della cosmologia osservativa, è arbitrariamente attribuibile ad una sorta di atomo universale, più pertinente però ad una situazione primordiale di Big Bang (in analogia all'atomo primitivo di **Lemaître** (1946))(cfr. sez. 4.2), di cui un parziale riscontro potrebbe ancora venire da una possibile **traccia residua**, cioè dall'eventuale scoperta astronomica di una innumerevole quantità di **rotazioni cosmiche** intorno allo stesso centro dell'attuale Universo in espansione. Se ne conclude, per esclusione, che la costante  $\Lambda$  del modello EU1 deve rappresentare necessariamente un'azione radiale repulsiva, con le modalità della (22). Ma sfortunatamente per **Einstein**, che a seguito di un lungo confronto con Hubble **nel 1931 dovette riconoscere di aver fatto quello che avrebbe poi chiamato l'errore più grande della sua vita**, il modello EU1 è del tutto instabile, in quanto è sufficiente una piccola perturbazione capace di produrre un altrettanto piccolo  $\Delta R$  per far precipitare l'Universo verso una situazione di  $\ddot{R}$  negativa o positiva, cioè di contrazione o espansione accelerata all'infinito. Tale modello aveva però in origine un importante pregio, quello di soddisfare esattamente un pregiudizio filosofico del tempo, in parte proprio anche del **Principio Cosmologico di Giordano Bruno**, che voleva l'Universo infinito ed eterno e senza centro. Quindi una **prima prova di falsificazione del Principio Cosmologico**, in tal caso definito appositamente **Principio Cosmologico Perfetto**, venne prodotta già nel 1929 con la scoperta dell'espansione cosmica, che naturalmente implicava un processo di evoluzione ed il Big Bang iniziale.

**EU2** - Il secondo modello di Universo einsteiniano, ma **non opera di Einstein**, deriva dagli

sviluppi cosmologici dell'originale relatività generale e si basa direttamente sul recupero della famigerata costante cosmologica ( $\Lambda \neq 0$ ) dell'energia oscura, il cui valore però differisce da quello originariamente prefissato da Einstein, che garantiva la staticità dell'Universo. Nell'ultima e recente versione tale modello si fonda ancora sull'accettazione dell'equazione elementare 21, con  $G$  costante,  $K \cong 0$  e l'inclusione in  $M$  della Cold Dark Matter, da cui il nome attuale di modello  $\Lambda$ CDM, più l'importante introduzione dell'inflazione cosmica. Esso viene anche chiamato "concordance model" perchè tenta di conciliare le osservazioni del fondo cosmico delle microonde, cioè del *CMB*, con le strutture su larga scala ed **ha l'incredibile prerogativa di prevedere un Universo in espansione accelerata con accelerazione crescente**, in accordo alla precedente equazione contraddistinta dal punto esclamativo (!). L'età risultante  $t_0$  è qui curiosamente coincidente con quella di un Universo in espansione a velocità costante, quindi senza decelerazione nè accelerazione, con il valore della costante di Hubble  $H$ , a pari epoca, approssimativamente uguale all'inverso del tempo, cioè

$$t_0 \simeq \frac{1}{H_0} \quad (23)$$

Una semplicistica quanto opportunistica **spiegazione "ad hoc"** del risultato della (23) può venirci dal considerarlo scaturito dalla fortuita combinazione e compensazione fra la fase decelerativa, già terminata, e quella accelerativa attualmente in corso.

**EU3** - Il terzo ed ultimo **modello** di Universo propriamente einsteiniano qui considerato, denominato **di Einstein-de Sitter** (1932), venne pubblicato l'anno successivo del riconoscimento dell'espansione cosmica da parte di Einstein; in questo storico modello viene letteralmente eliminata (o meglio ripudiata) la costante cosmologica della cosmologia relativistica, con la posizione  $\Lambda = 0$ , e adottata la semplificazione euclidea  $K = 0$  nell'eq. 21 di conservazione dell'energia. Ne consegue un Universo euclideo decelerato del quale è immediato calcolare densità  $\rho_0$  ed età  $t_0$ , secondo la sequenza che segue:

$$\dot{R} = HR \Rightarrow \frac{dH}{dt} = \frac{\ddot{R}}{R} - H^2 \quad (24)$$

$$\ddot{R} = -\frac{GM}{R^2} \Rightarrow \frac{\ddot{R}}{R} = -\frac{GM}{R^3} \quad (25)$$

$$\frac{\dot{R}^2}{2} - \frac{GM}{R} = 0 \Rightarrow \frac{\dot{R}^2}{2R^2} = \frac{H^2}{2} = \frac{GM}{R^3} = \frac{4}{3}\pi\rho G \quad (26)$$

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{3}{2}H^2 \Rightarrow \int_0^{t_0} dt = -\frac{2}{3} \int_{\infty}^{H_0} \frac{dH}{H^2} \quad (27)$$

$$\rho_0 = \frac{3H_0^2}{8\pi G} \quad t_0 = \frac{2}{3H_0} \quad (28)$$

#### 4. VERSO UNA NUOVA COSMOGONIA DELLA CONCORDANZA

Dopo la presentazione essenziale dei tre precedenti modelli Einsteiniani, si potrebbe arditamente tentare una loro combinazione, anche se solo per parti separate e limitatamente adattate a 3 distinte macro-fasi evolutive dell'Universo, corrispondenti parzialmente ai 3 modelli in sequenza.

L'obiettivo di un tale tentativo, indubbiamente pretenzioso, è la convergenza delle compatibilità verso un nuova cosmogonia e cosmologia della concordanza, inclusiva sia dell'inflazione che della eventualità di Big Crunch o di terminale accelerazione, in alternativa alla decelerazione continua propria dell'*ECM*, ma soprattutto incentrata su di un **Universo euclideo a simmetria sferica con centro di espansione**, in un contesto fisico che predilige la teoria di Dirac, la cosiddetta "Large Numbers Hypothesis" (LNH), che è basata sulla possibilità dell'esistenza di semplici correlazioni fra grandezze cosmologiche e microfisiche, con la notevole peculiarità di prevedere una  $G$  variabile e decrescente con la densità dell'Universo. In quest'ottica la precedente sequenza dei 3EU già rispetta un'ipotetica cronologia cosmica di tre distinte fasi modellistiche, I-II-III, indicate ora con numeri romani che, come è noto, non prevedono lo zero.

Un'epoca della quale sembra impossibile poter trattare è naturalmente quella che potremmo considerare antecedente al Big Bang, che convenzionalmente coincide con l'inizio dell'evoluzione dell'Universo, cioè con l'origine del tempo. Quindi del prima non si può parlare, ma del tempo zero forse sì, anche se esclusivamente in termini di pura estrapolazione logico-deduttiva di modelli verificabili fino all'estremo orizzonte osservabile, quello della luce di ultimo scattering. Restiamo comunque nel regno della pura speculazione scientifica, che però non ha alternative quando è impossibile accedere all'osservazione diretta o alla fedele simulazione di laboratorio.

Matematicamente possiamo introdurre il tempo cosmico con la semplice definizione

$$t \geq 0 \tag{29}$$

che in sè contiene già tre fasi, le seguenti:

$$\text{I} \Rightarrow t = 0 \tag{30}$$

$$\text{II} \Rightarrow t > 0 \tag{31}$$

$$\text{III} \Rightarrow t \rightarrow \infty \text{ (or } t \approx 2 \times t_{STOP}) \tag{32}$$

Proviamo ora a descrivere queste tre fasi nelle successive sezioni 4.1, 4.2, 4.3.

## 4.1 I - Universo del tempo zero

Iniziamo con un sofisma: Se il tempo è cambiamento e nasce col Big Bang, prima del cambiamento non c'era tempo e l'**Universo del tempo zero** deve necessariamente essere rappresentato in modo statico, cioè come l'Universo di un'istantanea fotografica, cristallizzato, senza variabili e con parametri tutti costanti. Il primo modello di Einstein, EU1, è dunque grossolanamente compatibile con questa fase I, dove, al di là del suo significato, è  $\Lambda = 4\pi\rho G$  come nella (22).

## 4.2 II - Big Bang da deflazione e inflazione

Con  $t > 0$  la situazione cambia drasticamente, mentre la similitudine di questa fase II col modello EU2 ora si fonda essenzialmente sul riconoscimento dell'**inflazione cosmica**, qui interpretata come conseguenza di un processo di deflazione gravitazionale, con l'introduzione delle nuove equazioni di Einstein centrate nel centro di espansione. A differenza del tempo zero in cui tutto era costante, ora tutte le grandezze, eccetto  $M$  ma  $G$  e  $\Lambda$  incluse, diventano variabili, in parziale accordo con quanto previsto dalla teoria LNH (Large Numbers Hypothesis) di Dirac. Nei primissimi attimi, per  $t \rightarrow 0$ , l'Universo potrebbe essere assimilato all'**atomo primitivo di Lemaitre**, come descritto sopra in margine al modello EU1, quindi **con innumerevoli rotazioni** su piani diversi **attorno al suo centro** ed una costante cosmologica  $\Lambda$  ora rappresentativa del triplo della velocità angolare quadratica, uguale inizialmente per tutti i livelli e moti orbitali ma variabile a seguito del Big Bang con l'importante prerogativa della **conservazione del momento angolare cosmico** di una massa unitaria, cioè della costanza di  $L = \dot{\vartheta}R^2$ . Nel complesso (cfr. l'Appendice del paper VII), posto  $v_T = \dot{\vartheta}R$ , si ha il risultato seguente

$$\frac{\Lambda}{3} = \dot{\vartheta}^2 = \frac{v_T^2}{R^2} = \frac{L^2}{R^4} \quad (33)$$

il quale dà una **nuova** forma alla **prima equazione elementare di Einstein** (20), la classica

$$\ddot{R} = -\frac{GM}{R^2} + \frac{L^2}{R^3} \quad (34)$$

### 4.2.1 Deflazione e inflazione

**Arbitrariamente, in termini di pura speculazione, potremmo supporre che il Big Bang sia avvenuto a seguito dell'improvviso crollo o deflazione del valore posseduto dalla costante di gravitazione  $G$  nella fase I del tempo zero, dove  $G$  da un valore**

molto grande ma finito e relativo al tempo zero precipita ad un valore quasi nullo per tornare di rimbalzo ad un valore prossimo a quello precedente al Big Bang, per poi iniziare gradualmente una lunga e lenta fase decrescente, nella quale infine  $G$  è nuovamente destinato a tendere a zero.

Matematicamente, dalla eq. 34 assunta valida anche al **tempo zero**, si ha  $\ddot{R}_{t=0} = 0$ , quindi

$$L^2 = (GMR)_{t=0} = (\dot{\vartheta}R^2)_{t=0}^2 \quad (35)$$

la cui derivazione rispetto al tempo dell'inizio, per l'innescio di una deflazione gravitazionale con  $L$  costante, dà la velocità  $\dot{R}_{BB}$  al Big Bang ( $BB \Rightarrow t = 0$ ), o **legge di Hubble del Big Bang**, nella forma

$$\dot{R}_{BB} = -\frac{\dot{G}_{BB}}{G_{t=0}}R_{t=0} = -\frac{\ddot{\vartheta}_{BB}}{2\dot{\vartheta}_{t=0}}R_{BB} \equiv H_{BB}R_{BB} \quad (36)$$

la quale implica, ponendo ora  $t = t_i$ ,

$$H_{BB} = -\left(\frac{\dot{G}}{G}\right)_{BB} = -\frac{\varepsilon_i}{t_i} = -\frac{\ddot{\vartheta}_{BB}}{2\dot{\vartheta}_{t=0}} \equiv \frac{\dot{\vartheta}_{t=0}}{(1+y_i^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (37)$$

che è una plurima formulazione della costante di Hubble del Big Bang,  $H_{BB}$ , dove  $\varepsilon_i$  (l'indice  $i$  qui sta per inflazione) è il noto parametro adimensionale indicante la velocità di variazione della costante di gravitazione universale  $G$  e che all'epoca attuale  $t_0$  in unità anno, secondo le misure radar del Sistema Solare effettuate negli anni settanta da Shapiro (1971-74-76), potrebbe avere un valore  $\varepsilon_0 \simeq -10^{-10}yr^{-1} \times t_0$ , mentre  $t_i$  rappresenta l'era inflattiva o durata dell'inflazione sempre in unità anno. La derivazione della classica formula di  $L$ , la seconda della (35), produce un'ulteriore formulazione di  $H_{BB}$ , la terza della (37), dove  $\ddot{\vartheta}_{BB}$  rappresenta l'enorme decelerazione angolare prodotta dal Big Bang deflattivo.

Ancora tale  $H_{BB}$  dovrebbe risultare all'incirca coincidente con la primitiva velocità angolare  $\dot{\vartheta}_{t=0}$ , secondo la quarta formulazione della (37) con  $y_i (\geq 0) \rightarrow 0$ , dopo l'ulteriore assunzione arbitraria della **conservazione del momento lineare** di una massa unitaria **al Big Bang** (per deflazione della forza centripeta gravitazionale), come segue:

$$\dot{R}_{BB}^2 + R_{BB}^2\dot{\vartheta}_{rem}^2 \equiv R_{BB}^2\dot{\vartheta}_{t=0}^2 \quad (38)$$

dove, insieme a  $\dot{R}_{BB} = H_{BB}R_{BB}$ , vale la posizione

$$\dot{\vartheta}_{rem} = y_i H_{BB} \quad (39)$$

La formulazione 39 rappresenta la **velocità angolare residua** che sopravvive all'inflazione dopo il Big Bang, con  $y_i \neq 0$  e la successiva conservazione del momento angolare secondo l'*ECM*.

Infatti in questo caso, con  $L = R^2 \dot{\vartheta} = R_0^2 \dot{\vartheta}_0$ , posto  $\dot{\vartheta}_0 = y_0 H_0$  ed essendo  $H = H_0 t_0 / t$  e  $R = R_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{1}{3}}$  dall'*ECM* (cfr. paper III e paper VII), si ottiene per la variabile  $\dot{\vartheta}$  la formula

$$\dot{\vartheta} = \dot{\vartheta}_0 \left(\frac{t_0}{t}\right)^{\frac{2}{3}} = y_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{1}{3}} H$$

che uguagliata alla (39) del Big Bang dà alla variabile adimensionale  $y_i$  la formulazione

$$y_i = y_0 \left(\frac{t_i}{t_0}\right)^{\frac{1}{3}}$$

il cui valore positivo è infinitamente prossimo a zero, come lo è  $(t_i/t_0)^{\frac{1}{3}}$ .

**Ecco dunque la vera e propria inflazione cosmica, caratterizzata da una  $\ddot{R}$  di Big Bang molto grande e positiva dei primissimi istanti, in conseguenza e concomitanza di  $G \rightarrow 0$ .**

$$\ddot{R}_{BB} = (H_{BB}^2 + \dot{H}_{BB}) \cdot R_{BB} \quad (40)$$

Il successivo ripristino della decelerazione gravitazionale nella (34) avviene allorchè, terminata la fase inflattiva, la  $G$  tornata al suo massimo inizia una graduale fase decrescente con una  $R$  ormai molto maggiore.

#### 4.2.2 La nucleosintesi primordiale di Gamow

La logica di un Universo con centro di espansione comporta necessariamente una molteplicità di pesanti conseguenze sull'immediato processo evolutivo del dopo Big Bang, quindi anche sulla nucleosintesi primordiale. Infatti, volendo schematizzare in estrema sintesi tale processo, dovremmo considerare fisicamente attendibile la seguente implicazione sequenziale.

- a) Il **centro** di espansione implica fortemente la rotazione.
- b) La rotazione cosmica con conservazione del momento angolare implica a ritroso la **deflazione gravitazionale** come causa del Big Bang inflattivo.
- c) A sua volta l'originale deflazione della forza più importante nell'Universo a grande scala si ripercuote obbligatoriamente sul processo di **nucleosintesi primordiale**.

Cioè

$$if \quad a \Rightarrow b \quad and \quad b \Rightarrow c \quad then \quad a \Rightarrow c$$

In particolare il punto c) sembra molto credibile anche perchè il meccanismo deflattivo potrebbe aver interessato tutte le interazioni fondamentali, dal momento che per idem sentire scientifico (cfr. letteratura su teoria del tutto, teoria di unificazione delle forze fondamentali, teoria dei campi,

ecc.) all'inizio queste forze fondamentali erano pressochè confuse o indistinguibili o ancora in divenire.

Le precedenti considerazioni portano a riconsiderare seriamente la possibilità della formazione di tutti gli elementi chimici nelle porzioni originali secondo il meccanismo statistico di nucleosintesi primordiale per addizione neutronica proposto dal fisico russo-americano **George Gamow**, che nel 1946 sosteneva: **"the only way of explaining the observed abundance-curve lies in the assumption of some kind of unequilibrium process taking place during a limited interval of time"** (cfr. Kragh, 1996).

### 4.2.3 La legge radiale di Hubble

L'operazione di integrazione dell'eq. 34 a regime con  $L$  costante, durante il regolare andamento decrescente di  $G$  successivo al processo di inflazione, viene conseguentemente modificata, anche per l'intervento della nuova variabile  $G$ , con l'introduzione del suo valor medio  $\langle G \rangle$  e di una costante di integrazione  $K$  non più costante perchè funzione di tale  $\langle G \rangle$ . Ne consegue una **nuova** formulazione della **seconda equazione elementare di Einstein**, diversa dalla (21), che ora diventa

$$\frac{1}{2}(\dot{R}^2 + \dot{\nu}^2 R^2) - \frac{\langle G \rangle M}{R} = K(\langle G \rangle) \quad (41)$$

da cui, essendo  $\dot{\nu}^2 = \frac{L^2}{R^4}$ , è scaturibile la legge radiale di Hubble (19), centrata sul centro di espansione, come segue

$$\dot{R} = R \cdot \left( \frac{8}{3} \pi \langle G \rangle \rho - \dot{\nu}^2 + \frac{2K(\langle G \rangle)}{R^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (42)$$

con

$$H^2 = \frac{8}{3} \pi \langle G \rangle \rho - \frac{L^2}{R^4} + \frac{2K(\langle G \rangle)}{R^2} \quad (43)$$

E' importante rilevare che, sia in un Universo omogeneo con densità  $\rho = \rho(t)$  che nel caso di eterogeneità sferica  $\rho = \rho(t, R)$ , la precedente formula 43 implica una dipendenza funzionale del tipo  $H = H(t, R)$  (con un valor medio  $\langle G \rangle$  dipendente dai limiti di integrazione dell'eq. 34) e quindi una reale anisotropia (non apparente come nell'*ECM*) della legge di Hubble, se escludiamo l'eventualità (che è invece propria dell'*ECM*) di un improbabile processo di compensazione dei vari parametri in gioco capace di annullare la dipendenza di  $H$  da  $R$ .

In effetti la questione dell'anisotropia è cruciale. Per verificare maggiormente questo importante aspetto dell'espansione cosmica, si può anche procedere con una derivazione alternativa della funzione  $H$ , con l'introduzione di un opportuno valor medio della decelerazione radiale,  $\langle \ddot{R} \rangle$  (cfr.

sez. 2.2 del paper I). A questo proposito è sufficiente esprimere la corsa radiale  $R$ , in base alla legge di Hubble del Big Bang secondo le eqs. 36 e 37 (essendo  $t_i \rightarrow 0$  or  $H_{BB} \rightarrow \infty$ ), come segue:

$$R \cong R_{BB} + \dot{R}_{BB}t + \frac{1}{2}\langle\ddot{R}\rangle t^2 \quad (44)$$

In sequenza possiamo scrivere

$$\lim_{t_i \rightarrow 0} R_{BB} = \frac{1}{1 + H_{BB}t} (R - \frac{1}{2}\langle\ddot{R}\rangle t^2) \quad (45)$$

$$\dot{R} = H_{BB}R_{BB} + \langle\ddot{R}\rangle(t - t_i) \cong \frac{H_{BB}}{1 + H_{BB}t}R - \frac{H_{BB}}{1 + H_{BB}t}\frac{1}{2}\langle\ddot{R}\rangle t^2 + \langle\ddot{R}\rangle t \quad (46)$$

$$\lim_{H_{BB} \rightarrow \infty} \frac{H_{BB}}{1 + H_{BB}t} = \frac{1}{t} \quad (47)$$

e quindi risulta

$$\lim_{t_i \rightarrow 0} \dot{R} = R \cdot \left( \frac{1}{t} + \frac{1}{2} \frac{\langle\ddot{R}\rangle}{R} t \right) \quad (48)$$

con

$$H = \frac{1}{t} + \frac{\langle\ddot{R}\rangle}{2R} t \quad (49)$$

A questo punto si deve procedere al calcolo di  $\langle\ddot{R}\rangle$  dalla (34); il che, fatto come nel paper I o più compiutamente **tenendo conto di  $G$  variabile e della conservazione del momento angolare**, porta infine alla legge radiale di Hubble (19) dell'epoca  $t$  nella forma

$$\dot{R} = R \cdot \left( \frac{1}{t} - \frac{2\pi}{3} t \cdot f_* \right) \quad (50)$$

dove in

$$H = \frac{1}{t} - \frac{2\pi}{3} t \cdot f_* \quad (51)$$

è contenuta una  $f_*$  funzione di più variabili, che nuovamente sembra produrre anisotropia a meno di improbabili processi di compensazione attivi a tutte le profondità, come invece avviene nell'*ECM*, dove, essendo  $H_{ECM} = t^{-1}/3$ , deve risultare  $f_* = f_{ECM} = t^{-2}/\pi$ .

### 4.3 III - Tre diverse possibilità di destino cosmico finale

Nell'ultima fase,  $t \rightarrow \infty$ , la similitudine col modello EU3 sarebbe dovuta al tendenziale conseguimento del risultato limite  $\Lambda = 0$  per  $R \rightarrow \infty$ , che naturalmente richiede  $\dot{\vartheta} = 0$ . In questo caso, assunto  $L = 0$ , l'eq. 34 implica  $\ddot{R} \rightarrow 0$ ; dal che possiamo dedurre che l'Universo di una fase III concorde col modello EU3, risultando  $\dot{R} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$  dalla (26), dovrebbe concludere la sua evoluzione conseguendo un vero e proprio stato stazionario, a cui la termodinamica attribuisce la massima entropia possibile, che qui si presenta anche come massima diluizione connessa ad una

temperatura naturalmente tendente verso lo zero assoluto. Saremmo così giunti alla morte termica della fine dei tempi o addirittura al dissolvimento nel nulla dell'intero Universo.

A completamento e modificazione del precedente quadro riguardante le modalità di conclusione dell'espansione cosmica, nel contesto della nuova cosmologia della concordanza, analizziamo ora a livello speculativo le caratteristiche di **tre eventualità alternative** di ultimo destino cosmico, tutte legate al comportamento fisico della  $G$  in questa fase III e apparentemente compatibili con le equazioni elementari di Einstein modificate (34)(41).

### 4.3.1 Eventualità 1: Big Crunch ?

Dall'analisi della funzione  $H$  della eq. 43 (nonchè della (51) con  $f_* > 0$ ), si evince che la presenza dell'addendo negativo  $\frac{-L^2}{R^4}$  implica la possibilità, ma non la necessità, del conseguimento di un valore nullo di  $H$ , e quindi di  $\dot{R}$ , in corrispondenza di un valore finito di  $R$ ; dal che sembra di non poter escludere che anche una  $G$  decrescente, come è nel caso di una  $G$  funzione della densità  $\rho$ , possa conciliarsi con uno **stop dell'espansione** in un tempo finito  $t_{STOP}$ , e quindi permettere addirittura un'inversione del suo andamento verso valori nuovamente crescenti con una  $\dot{R} < 0$  e il conseguente innesco di una nuova fase di accelerazione negativa, quindi sempre con  $\ddot{R} < 0$ , verso un ipotetico Big Crunch, che dovrebbe quindi verificarsi a conclusione di un ciclo di periodo circa  $2 \times t_{STOP}$  a partire dall'ultimo Big Bang; il quale processo dovrebbe avvenire dopo il raggiungimento del valore minimo di  $G$  capace di mantenere  $\ddot{R} < 0$  nell'eq. 34 in concomitanza di  $\dot{R}_{Ac} = HR_{Ac} = 0$ , cioè in una posizione corrispondente ad una sorta di apogeo cosmico, o **Apocosmo**, in cui risulta

$$G_{Ac} > \frac{L^2}{MR_{Ac}} \Rightarrow \dot{R}_{Ac} = 0 \quad \text{and} \quad \ddot{R}_{Ac} < 0 \quad (52)$$

Se invece dovesse verificarsi il caso contrario di una  $\dot{R} > 0$  al momento del conseguimento della condizione  $\ddot{R} = 0$ , con  $G = \frac{L^2}{MR}$ , si avrebbe comunque un'espansione inarrestabile, con il possibile sviluppo di una  $\ddot{R} > 0$  in concomitanza di  $G \rightarrow 0$  (v. Eventualità 3).

### 4.3.2 Eventualità 2: Decelerazione continua dell'ECM

A differenza del caso precedente, sussiste la possibilità di una  $G$  meno lentamente decrescente, al punto di permettere una  $\ddot{R} \rightarrow 0$  per  $R \rightarrow \infty$ , ma ancora con  $\dot{R} > 0$ . Il che implica una decelerazione radiale continua,  $\ddot{R} < 0$ , con un'espansione inarrestabile, con la permanente modalità che segue:

$$G > \frac{L^2}{MR} \Rightarrow \dot{R} > 0 \quad \text{and} \quad \ddot{R} < 0 \quad (53)$$

Questo è il caso che si presenta nell'attuale modello a centro di espansione, *ECM*, nel quale, essendo  $\ddot{R} = -2H^2R$  ed  $\dot{R} = HR$  con  $H \propto t^{-1}$ , risulta che  $\ddot{R}$  tende a zero prima di  $\dot{R}$ .

### 4.3.3 Eventualità 3: Accelerazione terminale

In alternativa alle possibilità di Big Crunch e di decelerazione continua dell'*ECM* sopra prospettate dovremmo aspettarci una  $G$  monotonamente decrescente che, dopo aver fatto raggiungere la condizione  $\ddot{R} = 0$  nell'eq. 34 in corrispondenza di un valore  $\dot{R} > 0$ , continui a tendere a zero in modo sufficientemente veloce da poter innescare un'ultima e terminale accelerazione radiale positiva, come segue

$$G < \frac{L^2}{MR} \Rightarrow \dot{R} > 0 \quad \text{and} \quad \ddot{R} > 0 \quad (54)$$

Il fenomeno accelerativo insito nella (54) sarebbe però molto contenuto, sempre in base alla (34), perchè anche con una più precoce  $G \rightarrow 0$  si arriverebbe infine ad una  $\ddot{R} \rightarrow 0$  per  $R \rightarrow \infty$ . Pertanto l'eventualità di una accelerazione terminale sembrerebbe comportare una sorta di ultimo vagito o rantolo di un Universo ormai morente ed in perenne rarefazione.

## 5. CONCLUSIONE

Quale delle tre sopracitate possibilità circa il destino finale dell'Universo è più attendibile?

Allo stato attuale potrebbe apparire arbitrario effettuare una scelta. Però, a mio soggettivo giudizio, il Big Crunch, cioè l'Eventualità 1 caratterizzata da una più lenta fase decrescente della  $G$ , sembra apparire più plausibile nel contesto cosmofisico dell'Universo a centro di espansione.

Ai posteri l'ardua sentenza!

## RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare il Presidente della Società Astronomica Italiana, Chiar.mo Prof. Roberto Buonanno, per aver fermamente incoraggiato la presentazione di codesto contributo al Congresso Nazionale della SAIIt - *L'Universo quattro secoli dopo Galileo* - svoltosi a Pisa nell'Anno Internazionale dell'Astronomia, dal 4 all'8 maggio 2009.

A tutto il Comitato Organizzatore Locale va inoltre il mio più vivo apprezzamento, con personale gratitudine alla Dott.ssa Giuliana Giobbi e ai Professori Paolo Paolicchi e Scilla Degl'Innocenti, per il grande impegno profuso e la gentile disponibilità offerta.

## RIFERIMENTI

- Bahcall, N.A. and Soneira, R.M. 1982, *Astrophys. J.* 262, 419
- Conklin, E.K. 1969, *Nature*, 222, 971
- Dirac, P.A.M. 1937, *Nature* 139, 323
- Dirac, P.A.M. 1938, *RSPSA*, 165, 199
- Einstein, A. & de Sitter, W. 1932, *Proc. N.A.S.* 18, 213
- Gamow, G. 1946, "Rotating Universe ?", *Nature* 158, 549
- Geller, M.J. and Huchra, J.P. 1989, *Science*, 246, 897
- Hubble, E. 1929, *Proc. N.A.S.* 15, 168
- Kirshner, R.P., Oemler, A., Jr., Schechter, P.L. & Schectman, S.A. 1981, *Astrophys. J.*, 248, L57
- Kragh, H. 1996, "Cosmology and Controversy", Princeton University Press
- Kuhn, T.S. 1962, "The structure of scientific revolutions", The University of Chicago Press
- Lahav, O. 1987, *MNRAS*, 225, 213
- Lemaître, G. 1946, *L'hypothèse de l'atom primitif*, Neuchâtel, Griffon
- Lorenzi, L. 1989, *Contributo N. 0*, CSA-Mondovì, Italy (non pubblicato)
- 1991, *Contributo N. 1*, CSA-Mondovì, Italy
- 1993, in 1995 *MemSAIt*, 66, 1, 249
- 1995ab, *Sesto Pusteria International Workshop Book*, eds.-SISSA ref. 65/95/A
- 1996, *Astro. Lett. & Comm.*, 33, 143
- 1999a, in 2000 *MemSAIt*, 71, 1163 (paper I: reprinted in 2003, *MemSAIt*, 74)
- 1999b, in 2000 *MemSAIt*, 71, 1183 (paper II: reprinted in 2003, *MemSAIt*, 74)
- 2002, in 2003 *MemSAIt*, 74, 480 (paper III-partial version),  
[http://sait.oat.ts.astro.it/MSAIIt740203/PDF/poster/39\\_lorenzil-01\\_long.pdf](http://sait.oat.ts.astro.it/MSAIIt740203/PDF/poster/39_lorenzil-01_long.pdf)  
(paper III-integral version)
- 2003a, *MemSAIt Suppl.* 3, 277 (paper IV)
- 2003b, *MemSAIt Suppl.* 3,  
<http://sait.oat.ts.astro.it/MSAIS/3/POST/Lorenzi.poster.pdf> (paper V)
- 2004, *MemSAIt Suppl.* 5, 347 (paper VI-partial version)
- 2008, [www.sait.it](http://www.sait.it), ARCHIVIO EVENTI, 2008-LII Congresso Nazionale della SAIt,  
Presentazioni Talks (paper VII)

- Magee, B. 1973, "Popper", Fontana/Collins, London
- Milne, E.A. 1933, "World-structure and the expansion of the Universe", ZAP 6, 1-35
- Nottale, L., **Pecker, J.C.**, Vigier, J.P. et Yourgrau, W. 1976, La Recherche, 68, V.7, 529
- Rubin, V.C., Ford, W.K., Rubin, J.S. 1973, Astrophys. J. Lett. 183, L111
- Sandage, A. and Tammann, G.A., 1975, Astrophys. J. 196, 313 (Paper V)
- Selleri, F. 2003, "Lezioni di relatività - da Einstein all'etere di Lorentz", Progedit
- Shapiro, I.I., Smith, W.B., Ash, M.B., Ingalls, R.P. & Pettengill, G.H.  
1971, Phys. Rev. Lett., 26, 27
- Shapiro, I.I. 1974, 5th Cambridge conference on Relativity, (June)
- Smith, R.C. 1995, "Observational Astrophysics" p. 378, Cambridge University Press
- Smoot, G.F., Gorenstein, M.V. & Muller, R.A. 1977, PRL, 39, 898
- Smoot, G.F. et al. (COBE) 1992, Astrophys. J. Lett. 396, L1
- Reasenberg, R.D., **Shapiro, I.I.**, Pettengill, G.H. & Campbell, D.B. 1976, BAAS, 8, 308