– **Costante di Hubble ed età dell'universo**
Per quanto riguarda invece le piccole realtà locali, si può dare la definizione di tempo, nel quale viene registrata la loro storia evolutiva, che potrà avere la durata massima di $\dfrac{T}{2}$, ossia fino al momento in cui l'intero universo viene ridotto a spazio puro.
Nel ciclo successivo non è necessariamente vero che la stessa realtà debba manifestarsi identicamente .

L'osservazione astronomica riferisce che il nostro universo si trova oggi nella fase di espansione e quindi, per avere una idea dei valori in gioco, valutiamo il suo raggio attuale R_{ua}.

Consideriamo due punti P_1 e P_2 sulla superficie della sfera cosmica in fase di espansione, come rappresentato in figura 11.

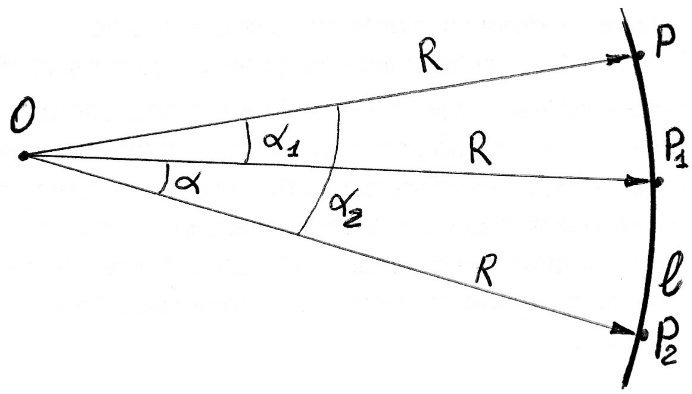

fig-11

si può scrivere : $l = \alpha \cdot R$; $d\,l = \alpha \cdot dR$ e quindi : $\dfrac{dl}{dt} = \alpha \cdot \dfrac{dR}{dt}$

posto : $\dfrac{dR}{dt} = V_r = V_e =$ **velocità di espansione radiale dell'universo**

$\dfrac{dl}{dt} = V_{12} =$ **velocità di recessione dei punti P_1 e P_2 sulla sfera** (i punti P_1 e P_2 non sono considerati in movimento, ma è la sfera cosmica che si espande).

Si può dunque scrivere : $V_{12} = \alpha \cdot V_e$

Un osservatore posto in un terzo punto P sulla superficie della sfera, vedrà P_1 e P_2 allontanarsi da esso con le velocità :

$$V_{01} = \alpha_1 \cdot V_e \text{ e } V_{02} = \alpha_2 \cdot V_e$$

sostituendo $\alpha_1 = \dfrac{l_1}{R}$; $\alpha_2 = \dfrac{l_2}{R}$

si ottiene :

$$\frac{V_{01}}{l_1} = \frac{V_{02}}{l_2} = \frac{V_e}{R}$$

essendo, in ogni momento, il rapporto $\dfrac{V_e}{R}$ mediamente costante per tutti i punti che si trovano sulla sfera, osservando un punto qualsiasi alla distanza l, la velocità con la quale si allontana risulta :

$$V = H \cdot l \quad \text{dove si è posto : } H = \frac{V_e}{R}$$

H viene indicata come costante di Hubble con un valore :

$$H = (\mathbf{70} \pm \mathbf{10\%}) \ \frac{K_m}{\sec \cdot Mpc} \simeq \mathbf{21,5} \ \frac{K_m / SEC}{10^6 \text{ al}} \simeq \mathbf{2,2733 \cdot 10^{-18}} / \sec$$

Dalla definizione di H, si ricava : $V_e = H \cdot R$

Secondo tale relazione, se ad H viene assegnato un valore rigorosamente costante nel tempo e nello spazio, si ottiene per l'universo un valore V_e della velocità espansione direttamente proporzionale al suo raggio, in disaccordo con il modello periodico che abbiamo proposto ed anche con quello del big bang, normalmente accettato.

Se ipotizziamo che tutta la materia, dallo spazio fisico puro ai superammassi galattici, sia uniformemente distribuita sulla sfera cosmica , l'universo risulta perfettamente sferico e quindi il suo raggio di curvatura R assume un valore indipendente dal punto considerato.

Se queste condizioni restano invariate in ogni momento dell'espansione, anche la velocità V_e risulta indipendente dal punto considerato e quindi, con queste ipotesi, H assume un valore costante per tutti i punti dell'universo.

Tale valore non può però mantenersi costante nel tempo, in quanto il moto di espansione della sfera comporta necessariamente una graduale riduzione della densità della materia sulla sua superficie con conseguente diminuzione della pressione e dunque dell'accelerazione radiale.

Nel primo capitolo abbiamo visto che la pressione che viene esercitata dallo spazio fisico verso il centro della sfera cosmica vale $P = \frac{F_0}{R^2}$ e quindi la accelerazione diretta verso il centro si potrà esprimere con una relazione del tipo (vedremo in seguito che la stessa relazioni si ricava come condizione per l'esistenza dell'universo) :

$$a_{ur} = \frac{K_0^*}{R^2}$$

in cui il valore di K_0^* dipende dalla densità media della materia che si trova distribuita sulla sfera :

$$\delta_s = \left(\frac{R_{max}}{R} \right)^2 .$$

Sostituendo si ottiene :

$$a_{ur} = K_0 \cdot \frac{R_{max}^2}{R^4}$$

Con le ipotesi da noi fatte, l'universo si muove dunque in direzione radiale con una accelerazione rapidamente decrescente con l'aumentare del raggio. Lequazione del moto sarà dunque :

$$\frac{dV_r}{dt} = \frac{K_0 \cdot R^2_{max}}{R^4}$$

scrivendo $\frac{d\,V_r}{d\,t} = \frac{d\,V_r}{d\,R} \cdot \frac{d\,R}{d\,t}$ e sostituendo, si ricava :

$$V \cdot dV = \frac{K_0 \cdot R^2_{max}}{R^4} \cdot dR$$

integrando, si ottiene la velocità di espansione radiale :

$$V_r = \left[V^2_{e0} + \frac{2}{3} K_0 \cdot R^2_{max} \left(\frac{1}{R^3_{min}} - \frac{1}{R^3} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

In tale relazione V_{e0} rappresenta la velocità di espansione iniziale, che si ha in corrispondenza di R_{min} , la quale, per quanto abbiamo visto, può essere messa in relazione con velocità della luce.

Abbiamo finora considerato la sfera universale avente la materia distribuita uniformemente sulla superficie.

Però, nell'universo reale che noi osserviamo, questo non si verifica nemmeno su grande scala. Anzi, l'osservazione rivela una enorme differenza di densità da un punto all'altro dello spazio e questo comporterà certamente maggiori difficoltà nell'interpretazione dei risultati che abbiamo ottenuto.

Se si considera il raggio di curvatura dell'universo dipendente dalla densità e dall'espressione ricavata per la velocità radiale, la relazione $H = \frac{V_r}{R}$

fornisce un valore della **costante di Hubble** dipendente dal punto che viene considerato e dal tempo .

Le osservazioni astronomiche **effettuate oggi** forniscono, per la costante di Hubble il valore $H = (40 \div 100)\ \frac{K_m}{sec \cdot Mpc}$.
si ritiene accettabile il valore medio :

$$H = \left(70\ \pm 10\%\right)\ \frac{K_m}{sec \cdot Mpc}.$$

Il valore massimo osservabile della velocità di recessione , che produce l'espansione della sfera universale sulla sua superficie è quella che si misura tra due punti diametralmente opposti, i quali si trovano alla massima distanza raggiungibile l_{max} corrispondente a $\alpha = \pi$ e quindi : $l_{max} = \pi \cdot R$.

Dato che la velocità massima si produce all'inizio della fase di espansione quando $R = R_{min}$, i due punti diametralmente opposti, con la velocità di recessione iniziale $V_{12\,i}$, forniscono il valore della velocità radiale iniziale di espansione della sfera cosmica :

$$V_{ei} = \frac{V_{12\,i}}{\pi}$$

L'inizio è inteso in questo caso come primo momento in cui l'universo diventa osservabile per noi.

Tenendo conto del limite assoluto imposto al valore della velocità osservabile dalla velocità di rotazione degli elementi spaziali V_0 , si ricava :

$$V_{ei} = \frac{C_l}{\pi} = \mathbf{95427}\ \frac{K_m}{sec}$$

Sappiamo che l'accelerazione radiale a_{ur}, diretta verso il centro della sfera, produce una graduale riduzione di questa velocità.

La distribuzione degli elementi chimici ed altre considerazioni ci inducono a pensare che oggi non siamo molto distanti dall'inizio dell'espansione, per cui per la velocità attuale possiamo assumere :

$$V_{\mathbf{eattuale}} \simeq V_{\mathbf{ei}} \simeq \mathbf{95000} \frac{K_m}{sec}$$

Si tenga presente che con questa ipotesi non vogliamo considerare l'universo all'inizio della sua evoluzione, ma **all'inizio della fase visibile**, la quale viene dopo quella oscura, che non ci è consentito di vedere.

Con tale ipotesi semplificativa, il raggio attuale della sfera cosmica risulta :

$$R_{\mathbf{ua}} = \frac{V_{\mathbf{ea}}}{H} = \frac{95000 \frac{K_m}{sec}}{2{,}2733 \cdot 10^{-18} \ sec^{-1}} = \mathbf{4{,}4175 \cdot 10^{9}} al$$

Con questo valore del raggio della sfera cosmica, **il punto diametralmente opposto a noi**, **e dunque la massima distanza osservabile**, **sarà** :

$$l_{\mathbf{max}} = \pi \cdot R_{\mathbf{ua}} = \mathbf{13{,}88 \cdot 10^{9}} \ al$$

Il tempo trascorso dall'inizio dell'espansione, **indicato normalmente come età dell'universo**, **vale** :

$$t_{\mathbf{ua}} = \frac{R_{\mathbf{ua}}}{V_{\mathbf{ea}}} = \frac{1}{H} = \mathbf{13{,}88 \cdot 10^{9}} \ anni$$

L'osservazione astronomica riferisce che l'universo attuale si presenta molto ordinato, con le stesse regole, applicabili ovunque.

Queste osservazioni vengono normalmente giustificate affermando che tutti i punti dello spazio interagiscono tra loro, scambiandosi informazioni sul loro stato di moto attuale, e questo li porta ad uniformare i loro comportamenti.

Se questo scambio è diretto ed avviene alla velocità della luce, che abbiamo assunto come valore massimo osservabile, due punti diametralmente opposti sulla sfera universale, per esempio i due poli, per ricevere una risposta, a un segnale inviato, devono attendere un tempo :

$$t_{pp} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{ua}}{C_l} \simeq 28 \cdot 10^9 \text{ anni.}$$

E' chiaro che questo risultato risulta assolutamente incompatibile con qualsiasi possibilità di organizzazione.

Esso risulta dunque in contrasto anche con l'ordine osservato dopo circa 14 miliardi di anni di evoluzione.

Per eliminare tale contrasto, si dovrebbe ipotizzare una comunicazione con una velocità infinitamente elevata o comunque molto maggiore della velocità della luce, violando così il limite assoluto che abbiamo accettato.

Una via alternativa può essere quella di ipotizzare una comunicazione, tra i diversi punti dello spazio, non diretta, ma **attraverso una unità centrale**, di ordine superiore, la quale stabilisce il linguaggio e definisce tutte le risposte utilizzando un'unica regola.

Dovendo, **questa unità**, **agire ovunque**, " contemporaneamente " **e senza ritardo**, **non deve richiedere alcun trasferimento di messaggi**.

Essa non può dunque che coincidere con lo spazio fisico stesso che è presente sempre e ovunque **con le regole scritte nei suoi elementi costituenti**.

Si ottiene così un sistema organizzato nel quale anche punti molto distanti tra loro, come i poli della sfera universale, **riescono ad organizzare lo spazio e l'antispazio alla stessa maniera**.

55