

## RISPOSTE PLAUSIBILI A DUE OBIEZIONI RICORRENTI

### Raggio dell'Universo in funzione del tempo

L'evoluzione delle dimensioni dell'universo, nella gamma di distanze (o di epoche) raggiungibili dai telescopi, si imposta sulla formula che il Raggio al tempo  $t$  si ottiene dividendo il raggio attuale per la quantità  $Z+1$  ( $Z$  è il valore Doppler)

Naturalmente si deve assumere per buono il raggio attuale, che dipende dal valore misurato per la Costante di Hubble  $H_0$ , che si stima a circa 72 Km/sec per Mpsc  
il raggio attuale corrispondente è vicino ai 14 miliardi di AnniLuce

Esempio:  $Z=3,9$  (distanza 12,497 miliardi AL), raggio dell'universo corrispondente 2,773 miliardi AL

In altre parole, l'oggetto che ci invia onde EM con  $Z=3,9$  appartiene all'universo di raggio 2,773 Miliardi AL

### Sorgono due domande:

**Prima domanda.** " se con  $Z=3,9$  siamo già arretrati di 12,497 miliardi AL, dove arriviamo con  $Z=8$ ?

**Seconda domanda :** "Come mai a 1,5 miliardi di anni dall'inizio l'universo aveva già un raggio di 2,773 miliardi di anni luce? Può il raggio dell'universo essere superiore al corrispondente tempo luce?"

La risposta alla *prima domanda* è facile sia tecnicamente che concettualmente:  
la relazione tra  $Z$  e distanza non è lineare ma si può pensare come una parabola che sale all'inizio velocemente per poi rallentare sino a fermarsi a una distanza limite (che è appunto, in prima approssimazione, il raggio dell'universo. In pratica le cose sono complicate dal fatto che risalendo nel passato, troviamo valori di  $H$  sempre più alti)

La risposta alla *seconda domanda* è molto più difficile, e trova soluzione nel superamento di un malinteso suggeritoci dall'intuizione.

L'intuizione ci suggerisce che, se è lecito supporre che l'espansione del big bang abbia avuto, almeno nei primi istanti, la velocità della luce, l'andamento sia del tipo:

dopo un secondo il raggio era 1 secondo luce

dopo un minuto il raggio era 1 minuto luce

dopo un anno il raggio era 1 anno luce....

ecc,

Come spesso succede in Fisica, anche questa volta l'intuito pecca di ingenuità.

L'espansione dell'universo non è uno spostamento di materia o di energia o di informazione o di un qualsiasi ente fisico rispetto allo spazio sottostante, ma UNA VARIAZIONE DI SCALA, cioè UNA VARIAZIONE DELLA GEOMETRIA (spaziotempo) SOTTOSTANTE ALLA FISICA, e come tale può benissimo avere una velocità arbitrariamente grande, non limitata dalla velocità della luce!

*Ecco un altro esempio tratto dalla fisica comune:*

*gli Ingegneri elettronici sanno che l'onda che si trasferisce su una linea o in una guida d'onda, è caratterizzata dalla "velocità di gruppo" e da una "velocità di fase"; questa, pur avendo le dimensioni di una velocità, è un ente puramente matematico comodo per la*

## RISPOSTE PLAUSIBILI A DUE OBIEZIONI RICORRENTI

*manipolazioni matematiche, e può superare  $c$ . Invece la "velocità di gruppo" che è la vera velocità del segnale, deve essere sempre minore di  $c$*

Infatti la Teoria dell'Inflazione di Alan Guth, proposta per superare alcune difficoltà del Modello Standard, e largamente accettata, propone uno spettacolare aumento di volume (28 ordini di grandezza!) in qualcosa come  $10^{-32}$  sec! (e poi era John Nash il pazzo....)

E' appunto a questa teoria che bisogna ricorrere per continuare a compilare la tabella dimensione/tempi prima della gamma in cui si può utilizzare il Doppler, indietro fino all'inizio (o quasi)

Visto che i calcoli ci dicono che gli oggetti osservabili incominciano un po' dopo il primo miliardo di anni (non possiamo sperare di osservare qualcosa di meno potente di un quasar), per tutto il tempo precedente dobbiamo arrangiarci senza sperare di avere il conforto dell'osservazione diretta.

I paletti più importanti sono

	tempo da $t_0$	raggio	densità $g/cm^3$	Temperatura K
PREINFLAZIONE	$10^{-43}$ sec			$10^{32}$
INFLAZIONE	inizio $10^{-35}$ sec	$10^{-28}$ metri	privo di senso	
	fine $10^{-32}$ sec	10 cm	$2,06 \cdot 10^{52}$	$10^{28}$
ERA DELLA RADIAZIONE	0,01 sec	0,0004 anno luce	380 mld	100mld
	0,11 sec	0,009 anno luce	30 milioni	30 mld
	1,09 sec	0,04 anno luce	380.000	10 mld
	13,82 sec	0,169 anno luce	5000	3 mld
	185 sec 34 minuti 300.000 anni	0,73 anno luce 3,18 anno luce	62 0,76 $7,6 \cdot 10^{-21}$	1 mld 300 milioni 3000
1 mld anni	1,940 Mld anni luce	$3,56 \cdot 10^{-27}$	~100	