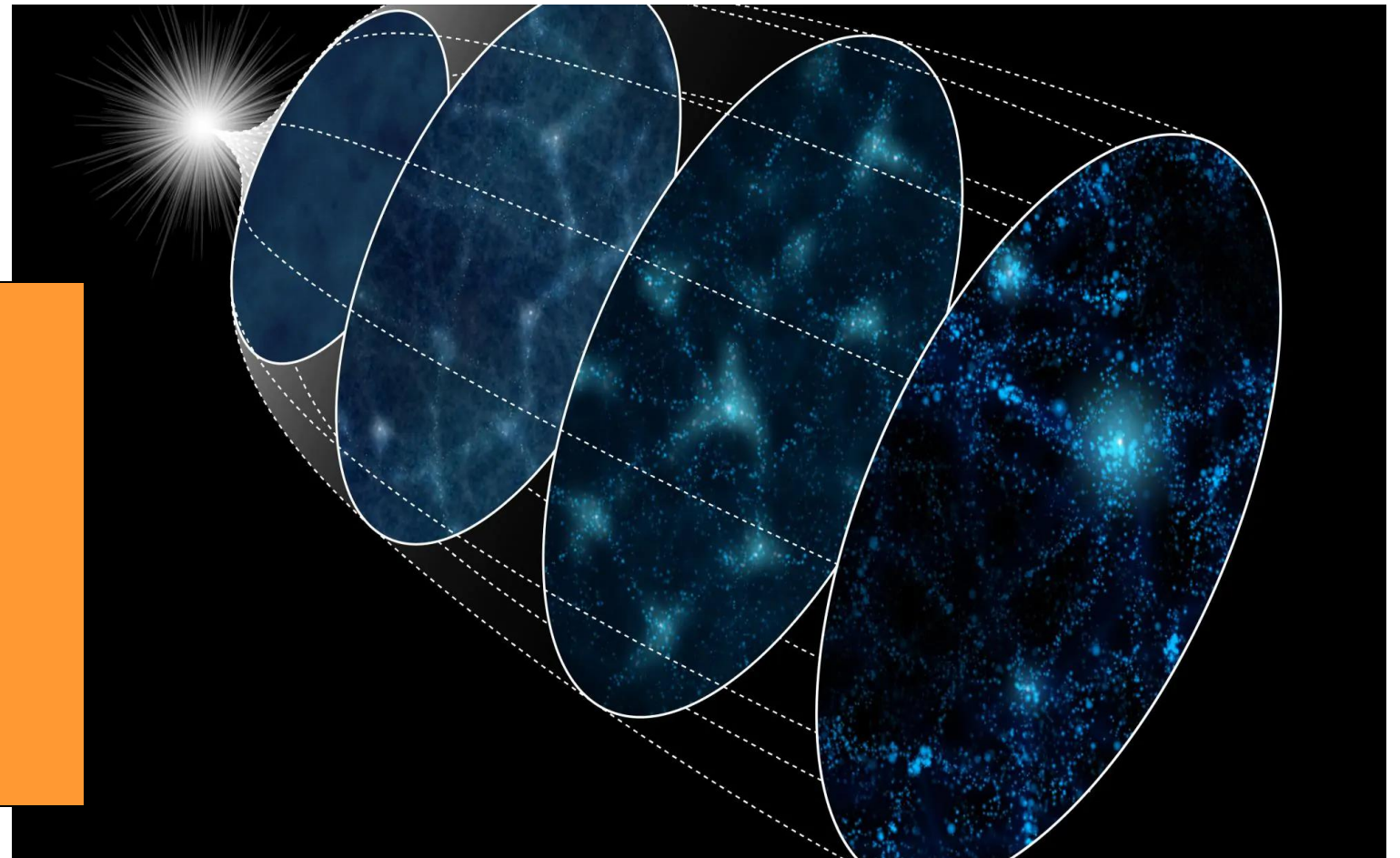


So many things, so little time

La nuova evoluzione della cosmologia

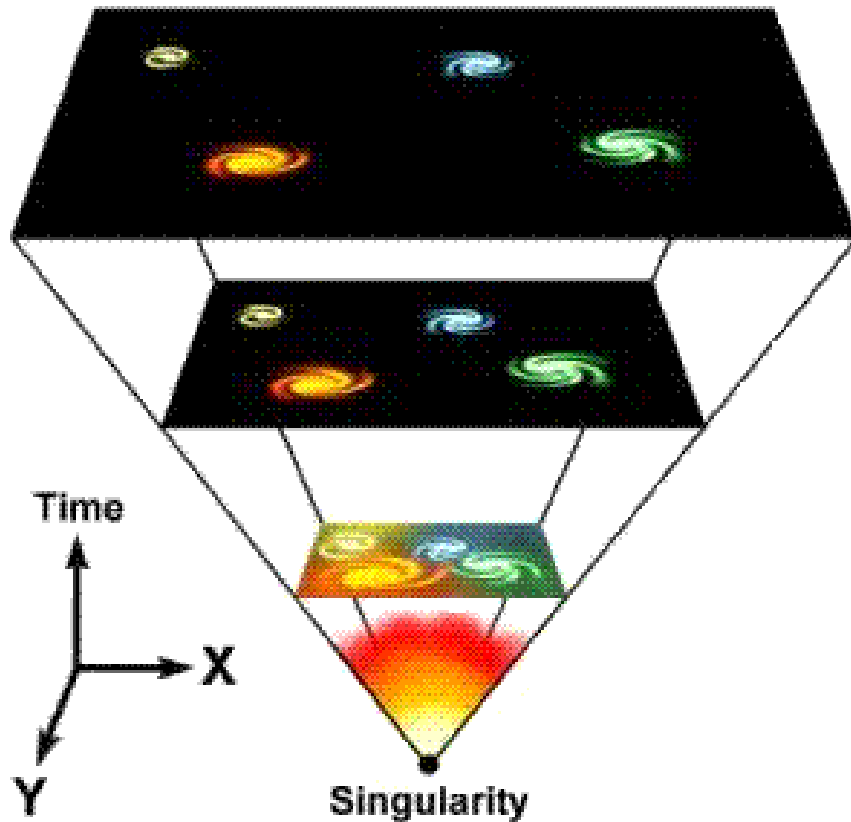
Marco G. Giammarchi
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Via Celoria 16 – 20133 Milano (Italy)
marco.giammarchi@mi.infn.it
<http://pcgiammarchi.mi.infn.it/giammarchi/>

1. La storia di tutto
2. La formazione di strutture
3. Troppo, in troppo poco tempo
(so many things, so little time)



La storia di tutto

1. **La storia di tutto**
2. La formazione di strutture
3. Troppo, in troppo poco tempo



Lo schema con cui si descrive l'evoluzione dell'Universo

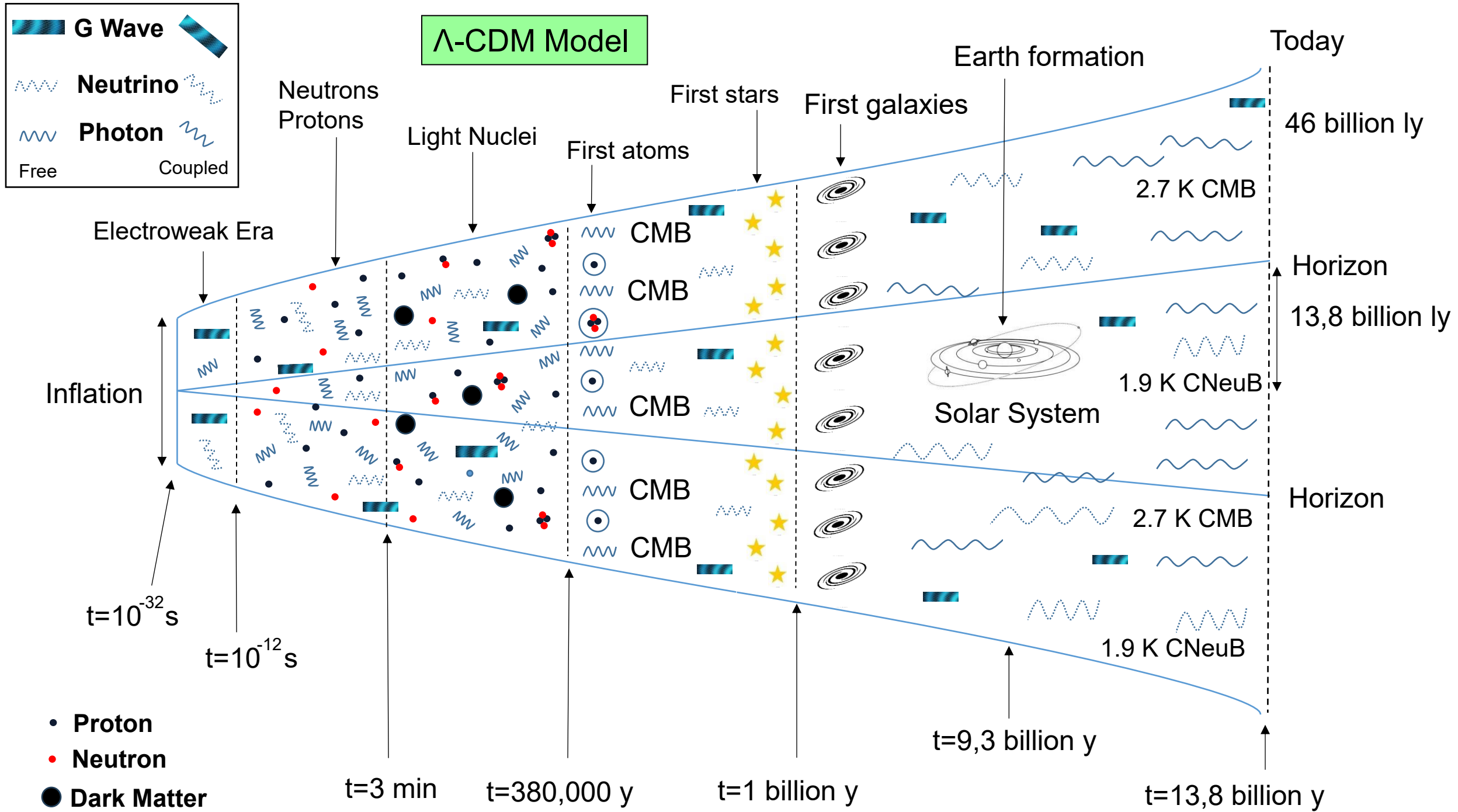
BIG BANG

Una grande espansione

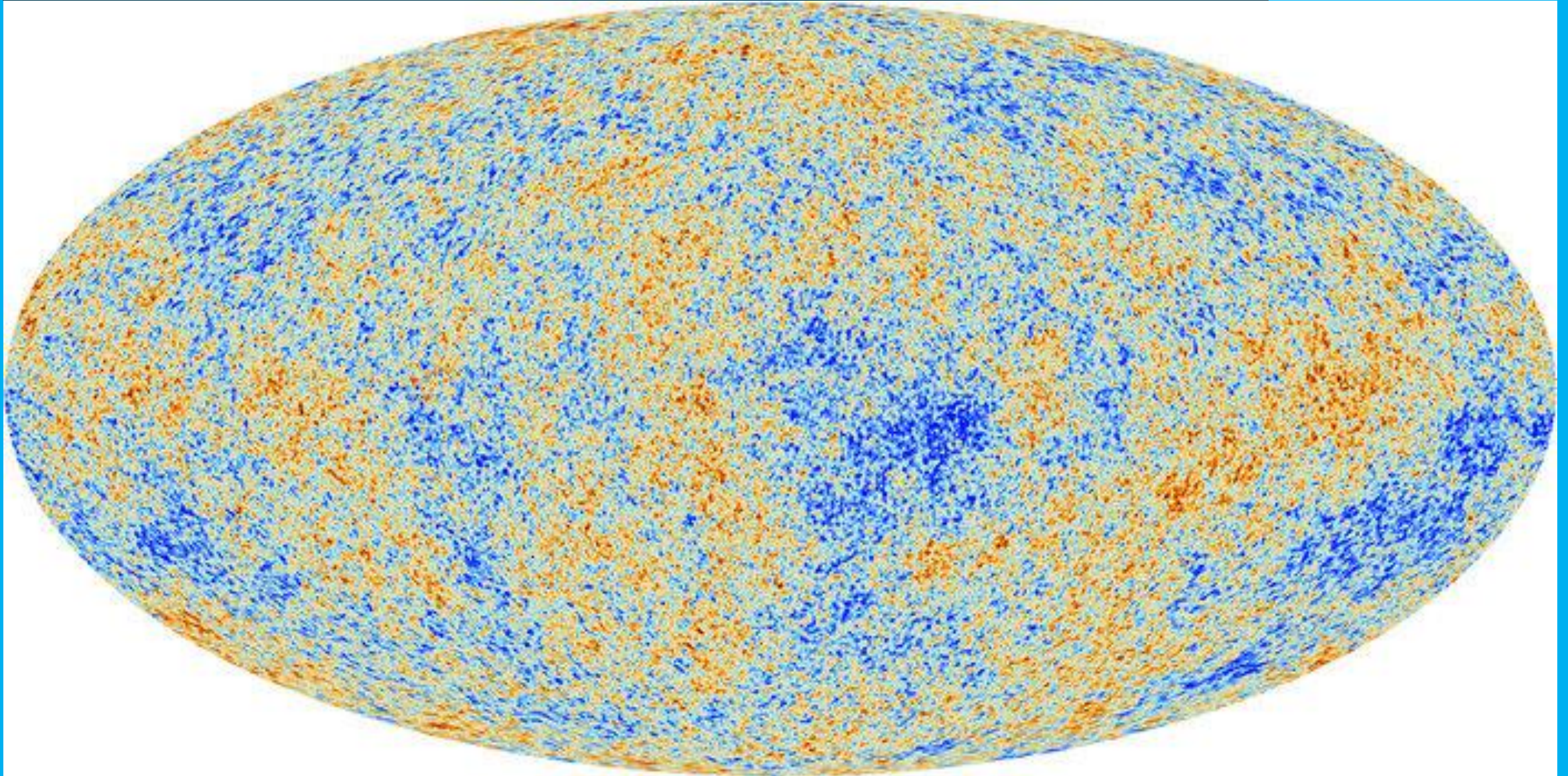
Composizione dell'universo maturo

13.8 Miliardi di anni

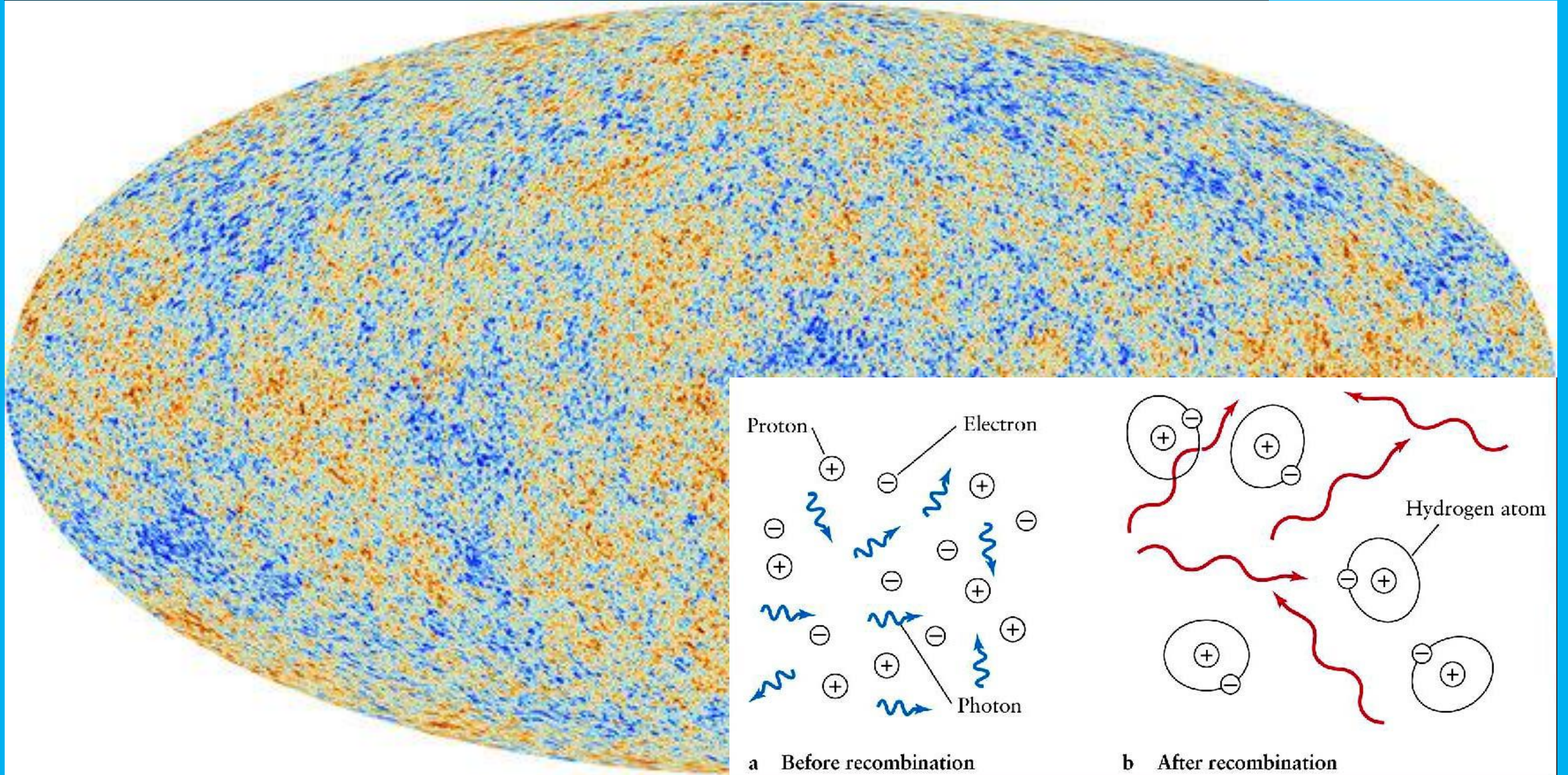
Composizione dell'universo primordiale



Il cielo della radiazione cosmica di fondo, $t = 380,000$ anni (Satellite Planck)

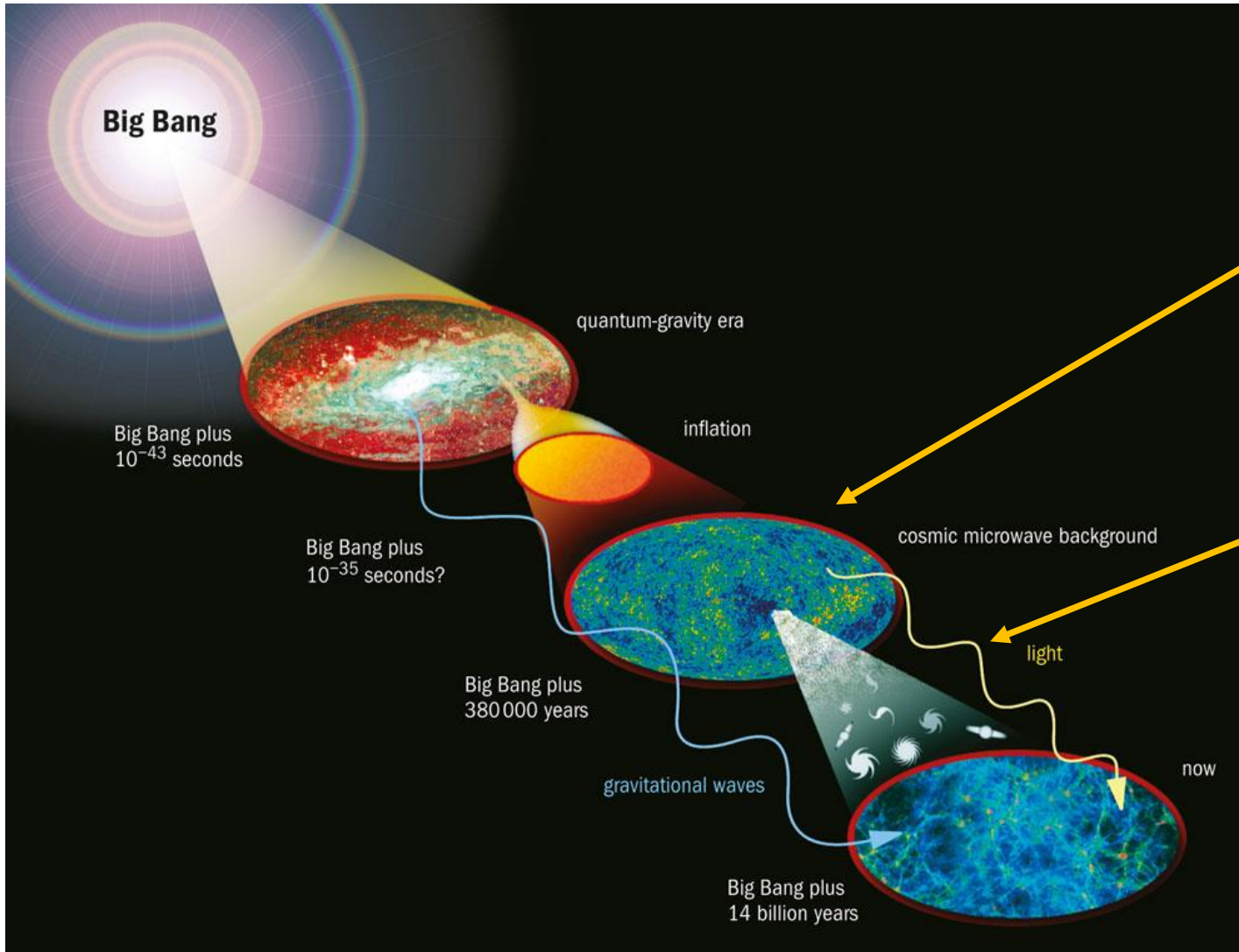


Il cielo della radiazione cosmica di fondo, $t = 380,000$ anni (Satellite Planck)



La formazione di strutture

1. La storia di tutto
2. **La formazione di strutture**
3. Troppo, in troppo poco tempo

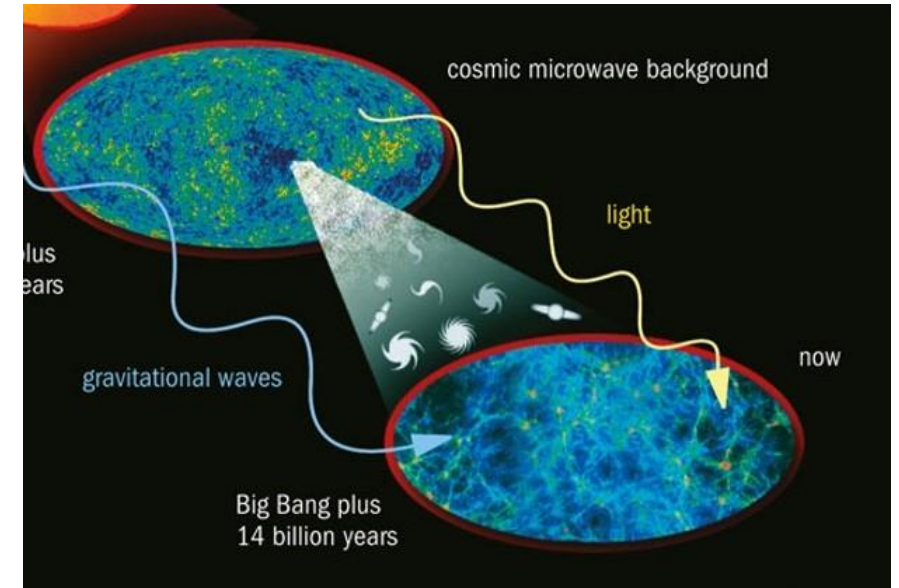


t = 380,000 anni

Formazione delle strutture (stelle, galassie)
Ma quando comincia?

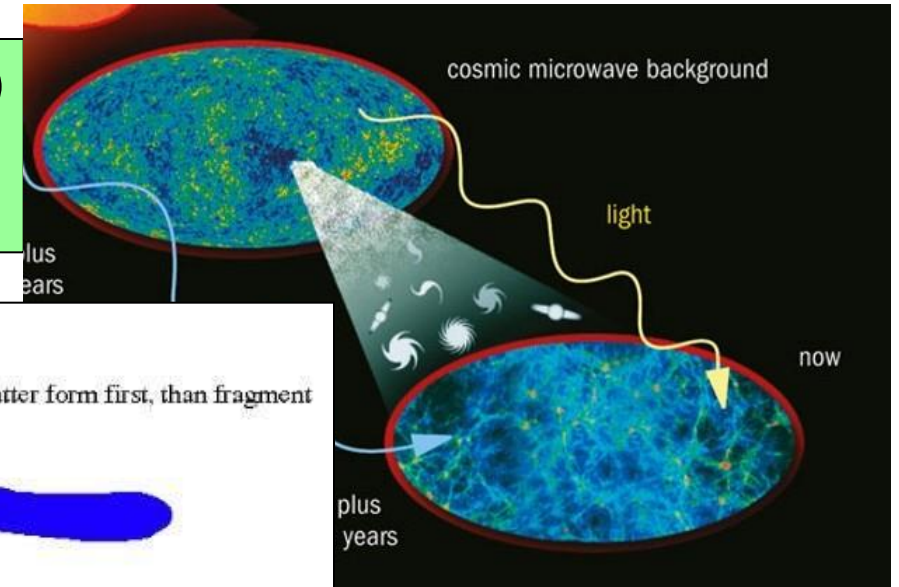
La Cosmologia Standard (Λ -CDM Model) prevede la formazione delle prime strutture a circa 900 milioni di anni. E poi?

La formazione gerarchica delle strutture



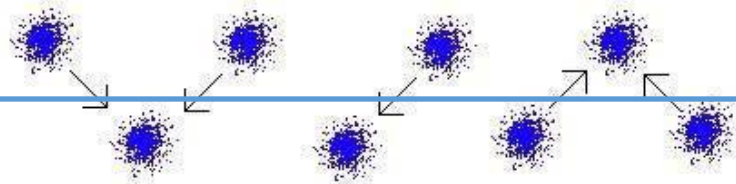
- Attrazione Gravitazionale (con tutte le componenti presenti!)

La velocità di aggregazione dipende dalla composizione



Bottom-Up Structure Formation

in a bottom-up scenario, small, dwarf galaxy-sized lumps form first, then merger to make galaxies and clusters of galaxies



Top-Down Structure Formation

in a top-down scenario, large pancakes of matter form first, then fragment into galaxy-sized lumps



Campionamenti a diversi z permettono di osservare quale scenario si verifica.

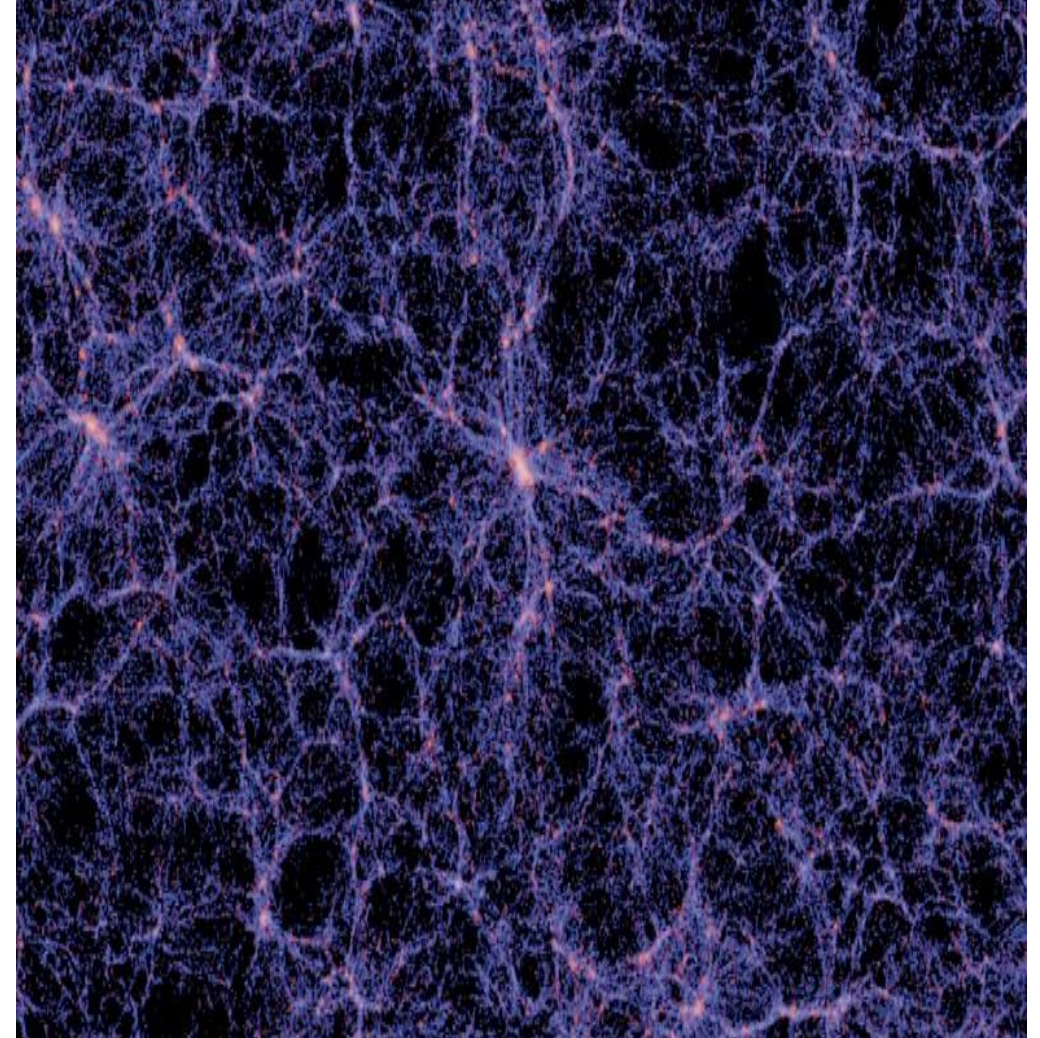
Top-down = Bottom-up (scale invariance)

E poi?

Le **caustiche** (dal greco *kaustikos*, "bruciare") sono formate dalla concentrazione singolare di curve. Tali curve modellano approssimativamente il comportamento dei raggi luminosi, quando incontrano zone di un materiale a diverse densità, che generano di conseguenza una differente risposta all'illuminazione.



Le **caustiche** (dal greco *kaustikos*, "bruciare") sono formate dalla concentrazione singolare di curve. Tali curve modellano approssimativamente il comportamento dei raggi luminosi, quando incontrano zone di un materiale a diverse densità, che generano di conseguenza una differente risposta all'illuminazione.



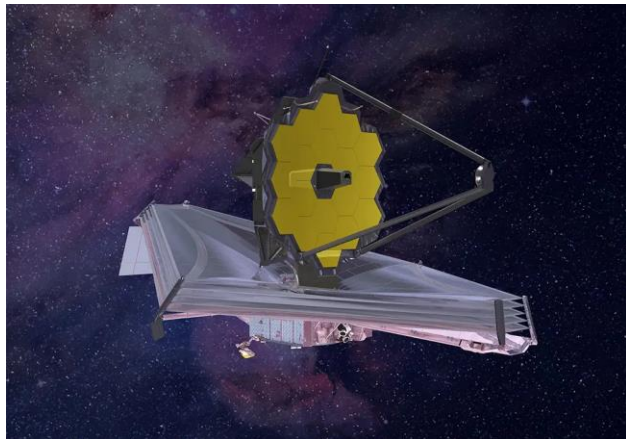
Troppo, in troppo poco tempo

«So many things, so little time»

1. La storia di tutto
2. I primi istanti
3. **Troppo, in troppo poco tempo**

La Ring Nebula (a 2000 anni luce)

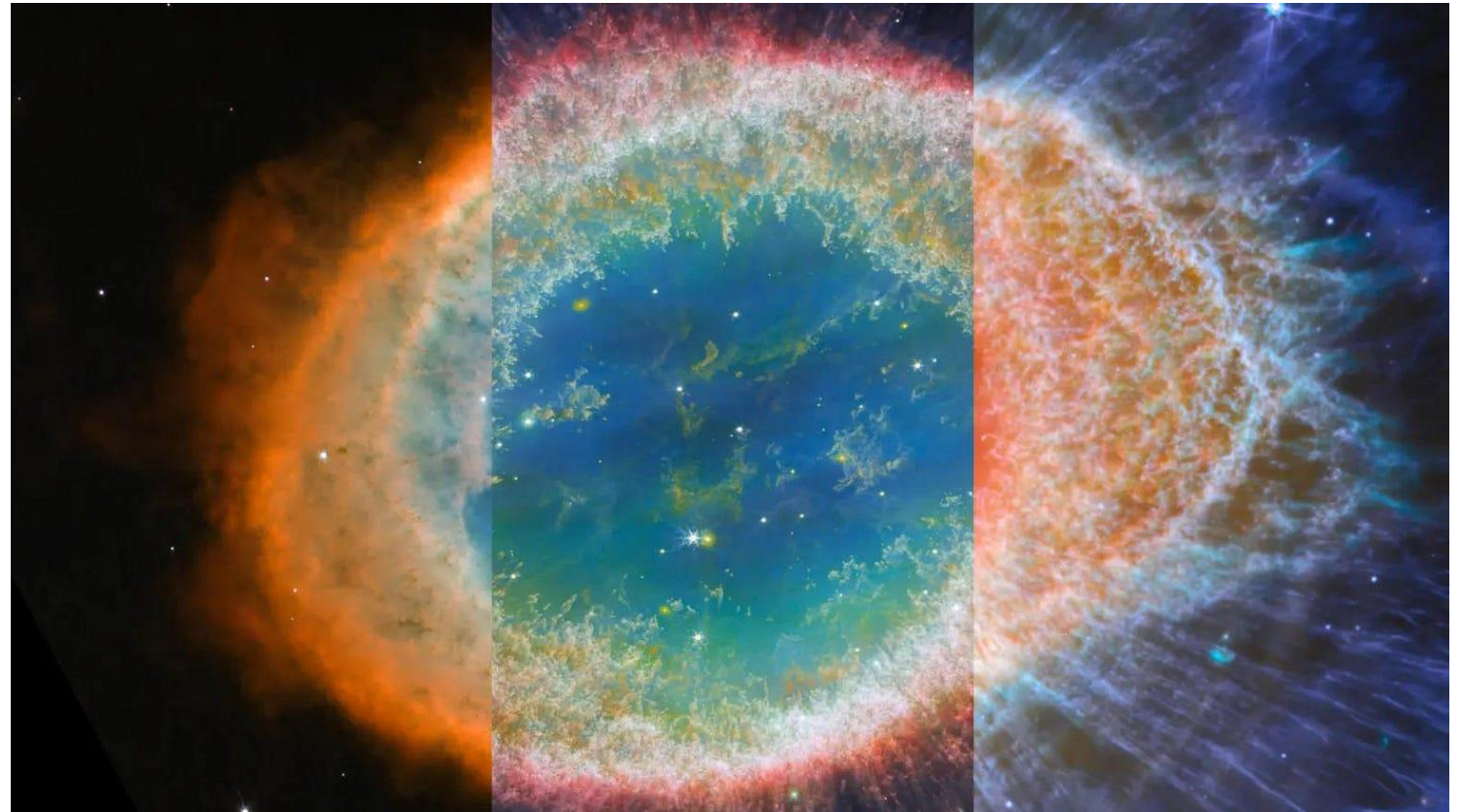
James Webb Telescope



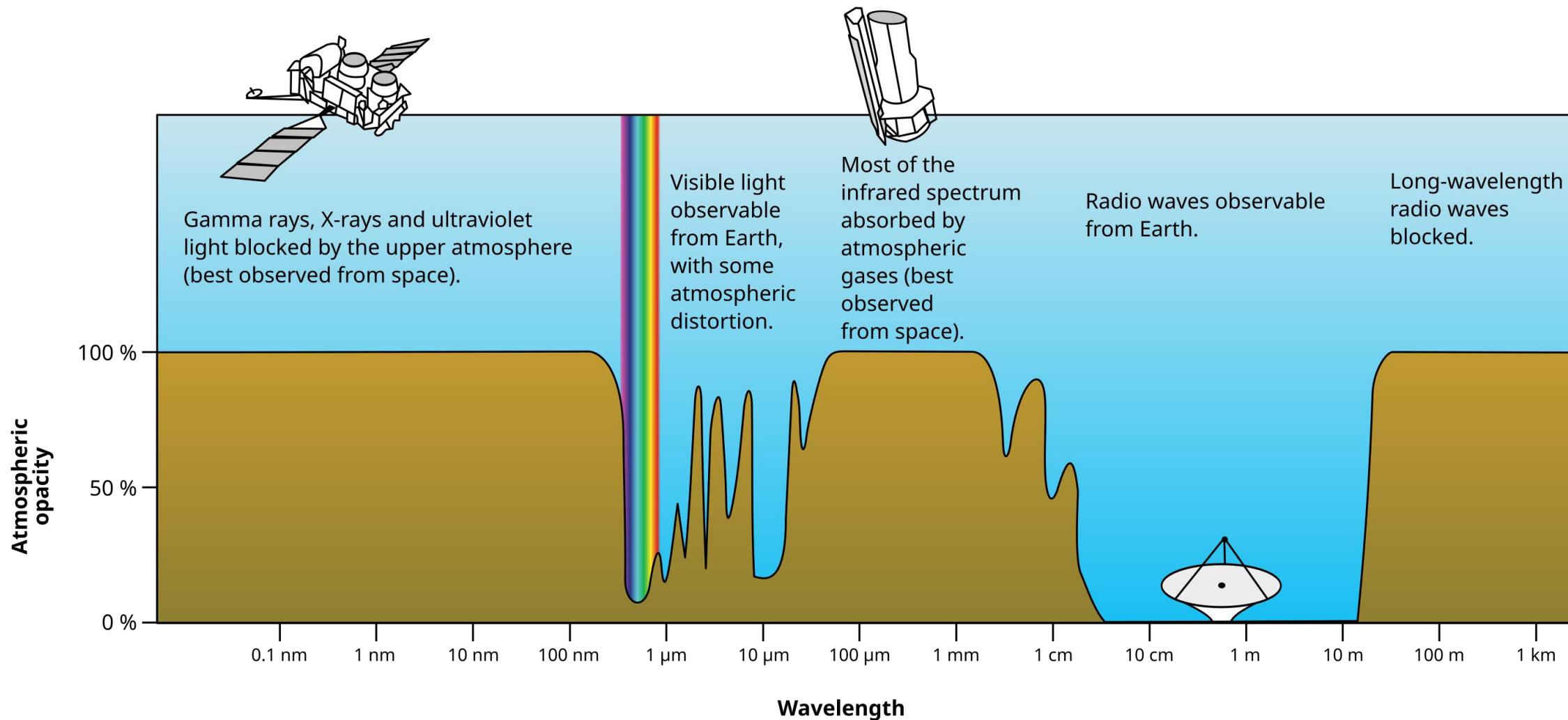
Hubble ST

JWST's NIRCам

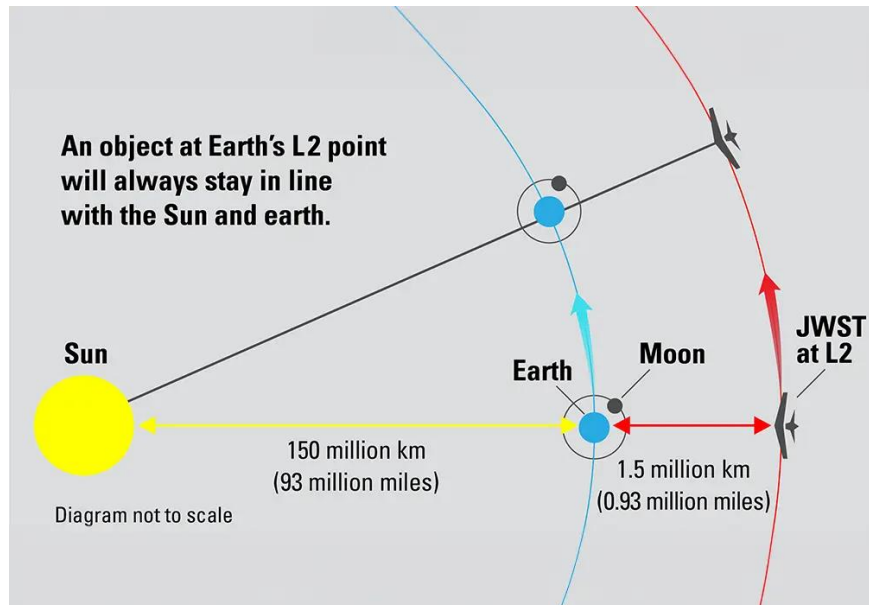
JWST's MIRI.



Opacità atmosferica e lunghezze d'onda



James Webb Telescope



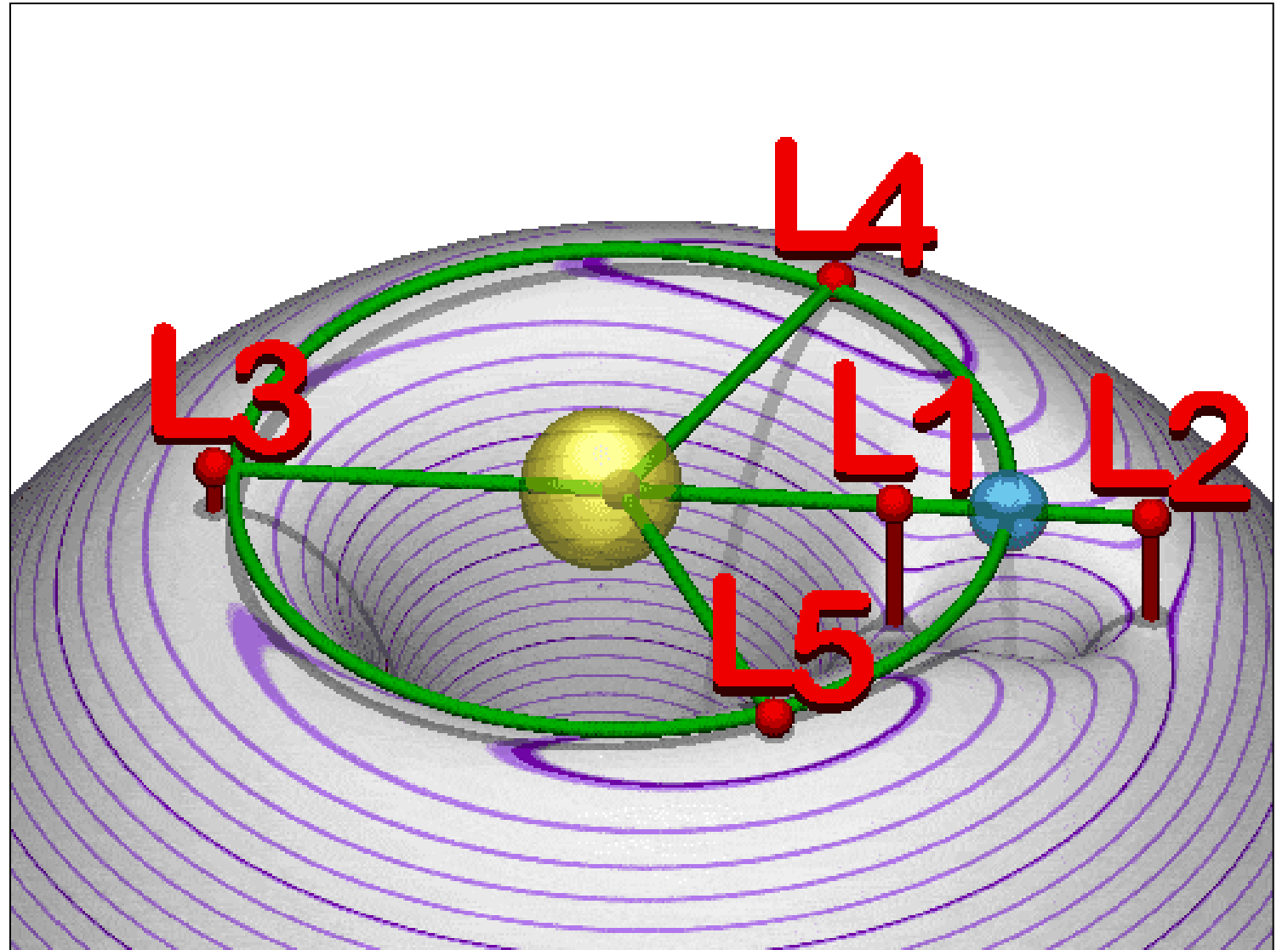
Carina Nebula



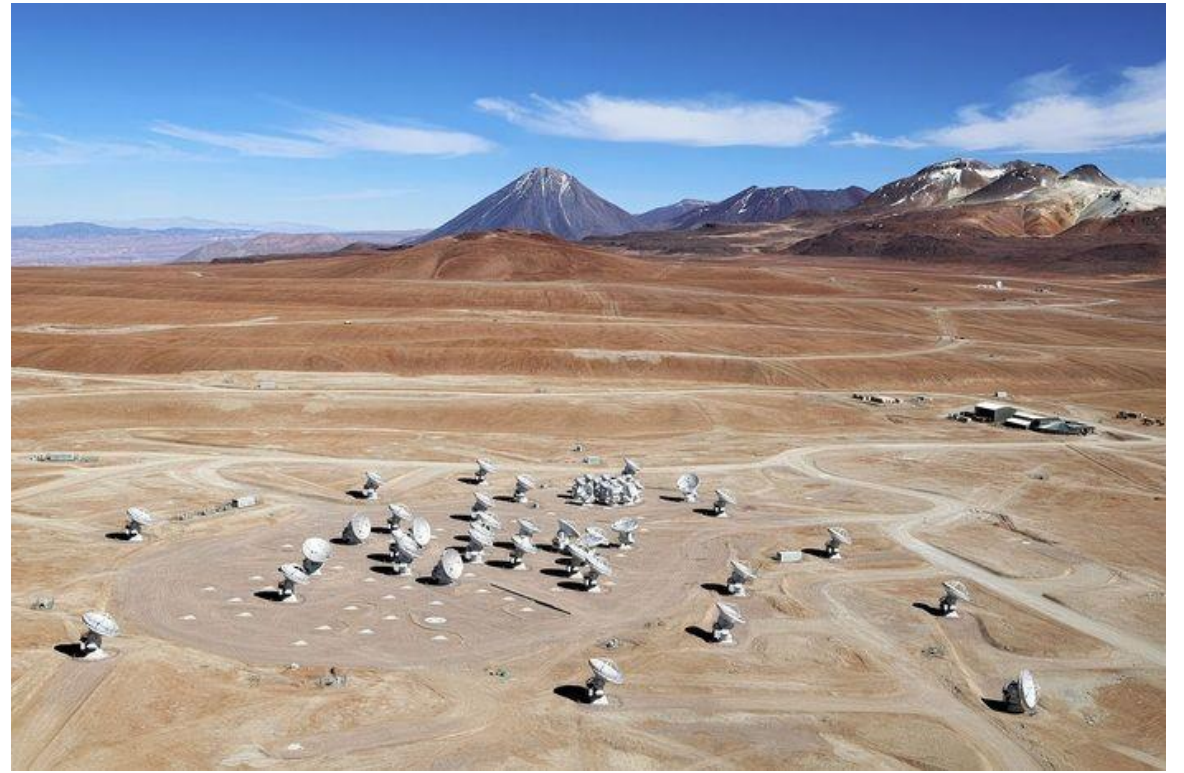
I punti Lagrangiani del Sistema Terra-Sole

Punti in cui la combinazione delle forze gravitazionali di Terra e Sole fornisce stabilità

James Webb si trova nel punto L2



ALMA (Atacama Large Millimeter Array)



ALMA (Atacama Large Millimeter Array)



ALMA e (soprattutto) James Webb osservano che:

L'età delle più antiche osservate è molto maggiore del previsto.

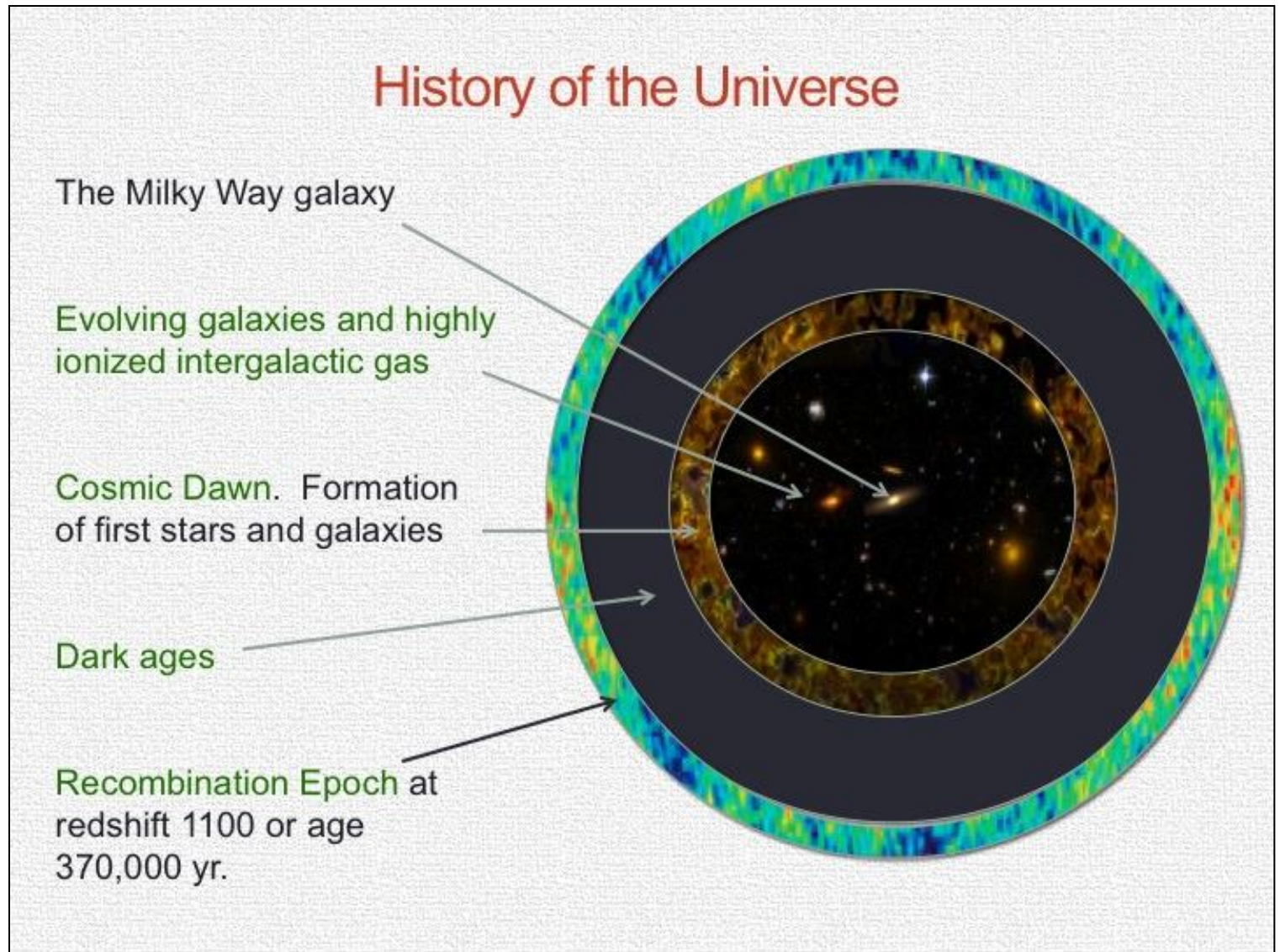
Le strutture si sono formate in molto meno tempo rispetto al modello Λ -CDM

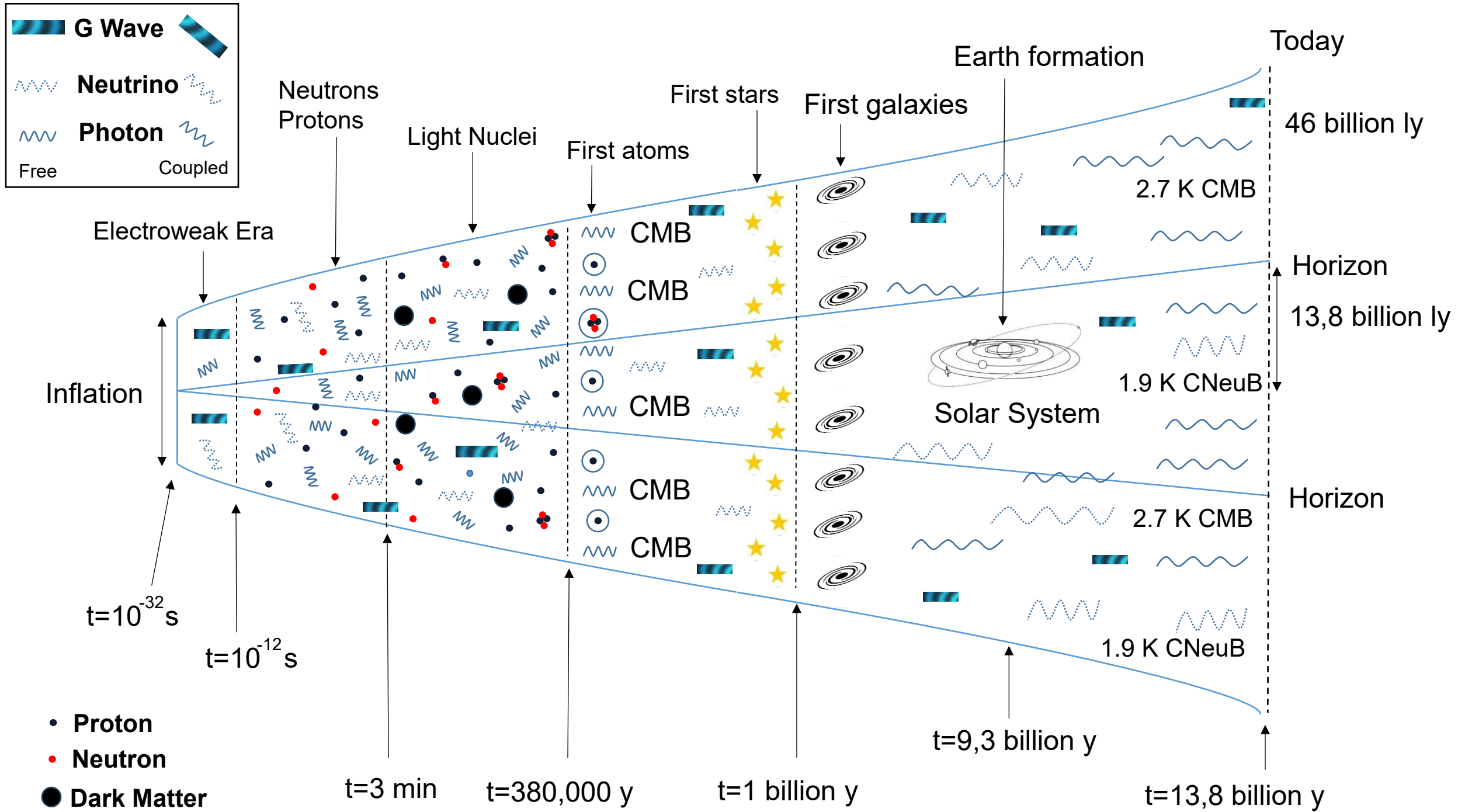
L'età delle prime galassie osservate è molto maggiore del previsto.

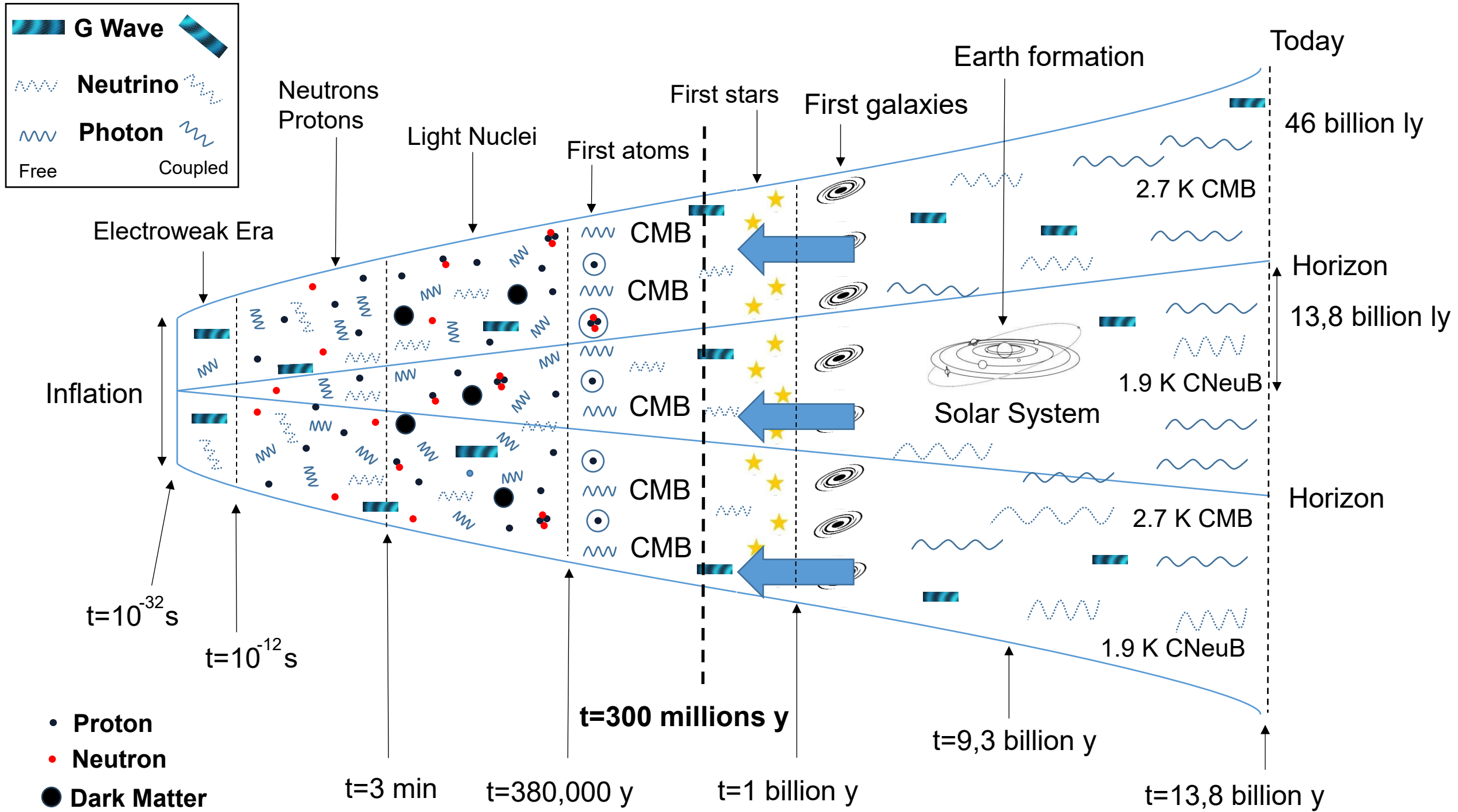
Le strutture si sono formate in molto meno tempo rispetto al modello Λ -CDM.

L'Epoca Oscura finisce prima del previsto.

So many things
So little time







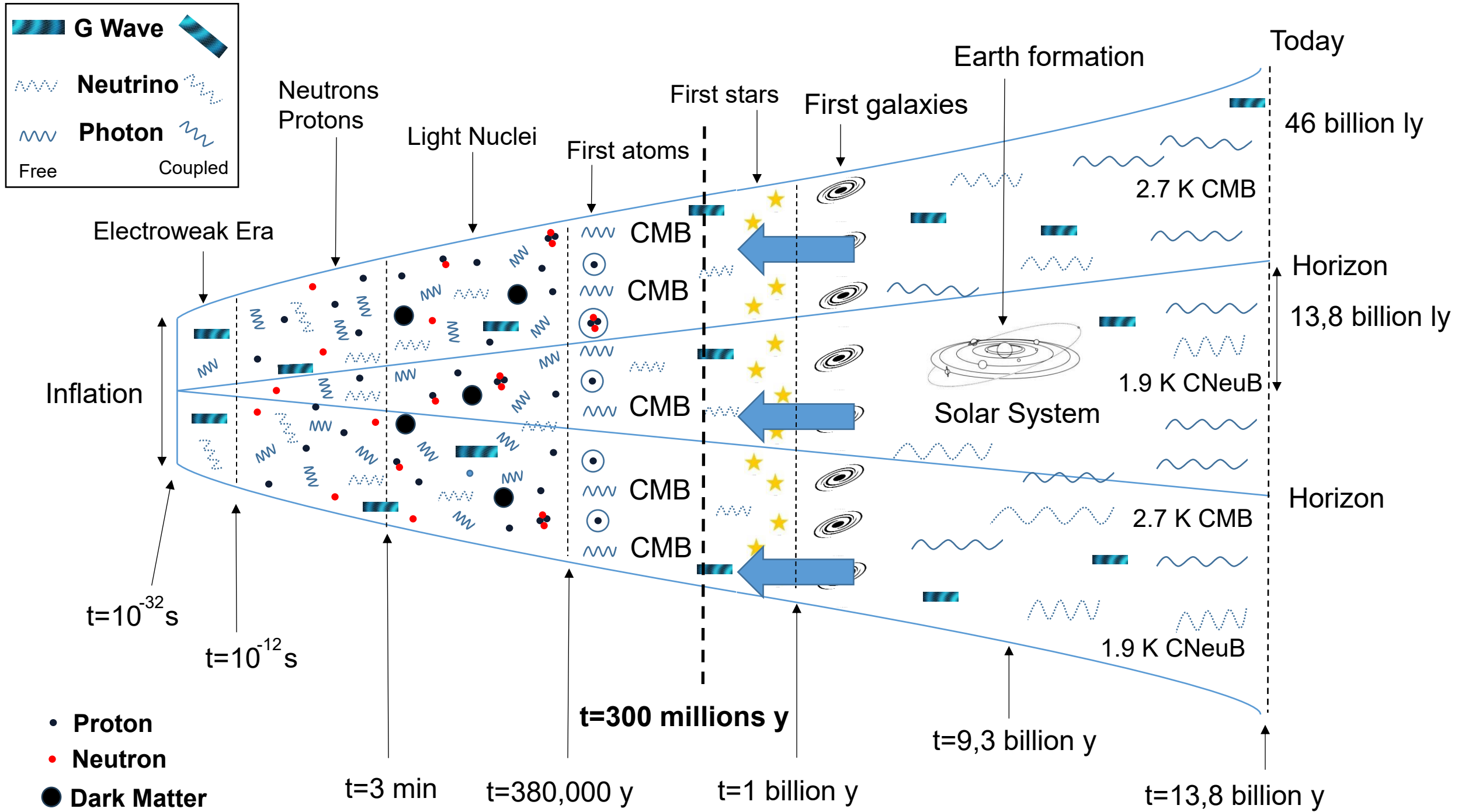
Galassie fino a 300 milioni di anni di tempo cosmico (con stelle già formate e attive da tempo, JWST)



La modalità di formazione di strutture prevista nel modello Λ -CDM è insufficiente!

Rimedio (il solito):

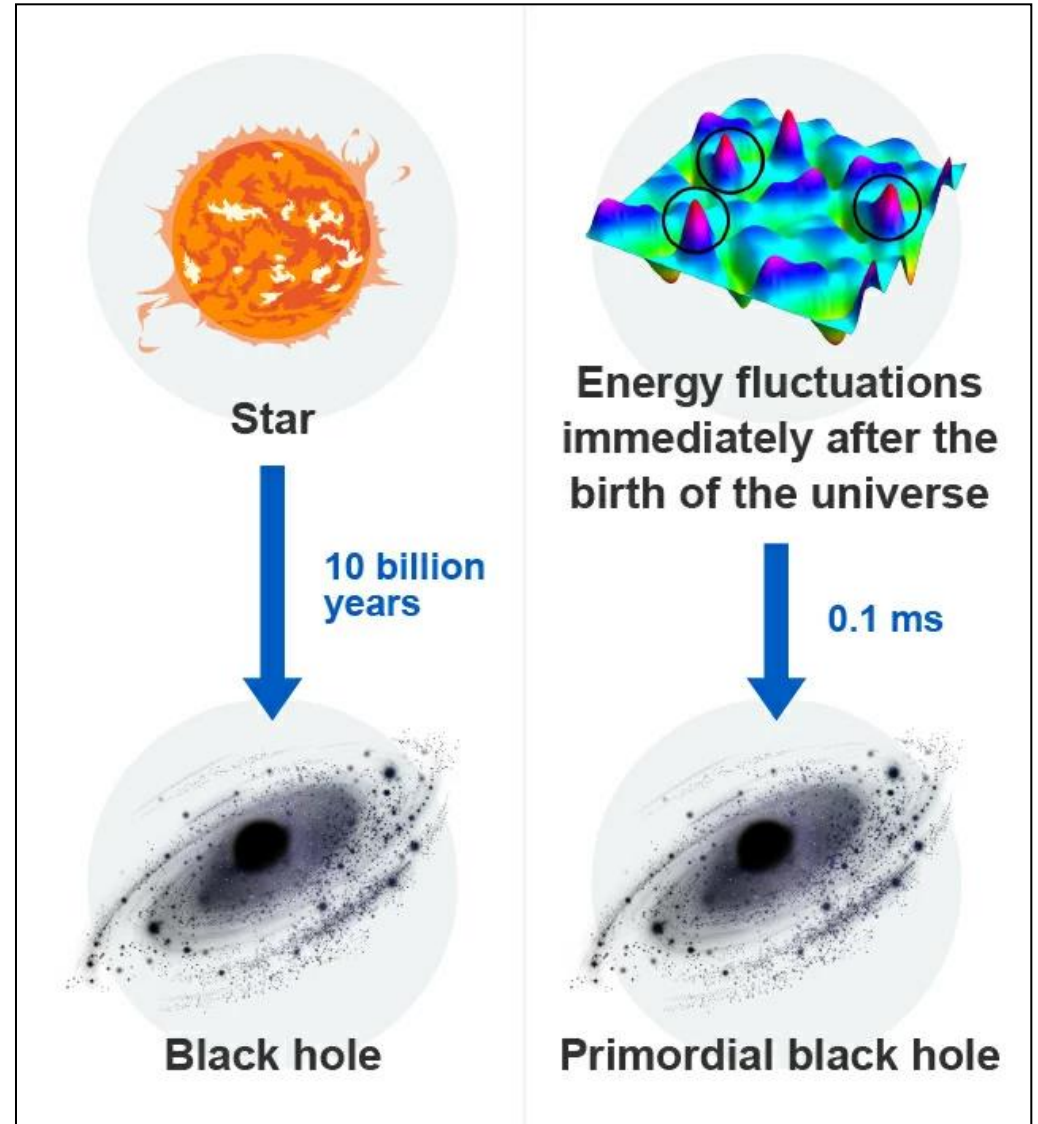
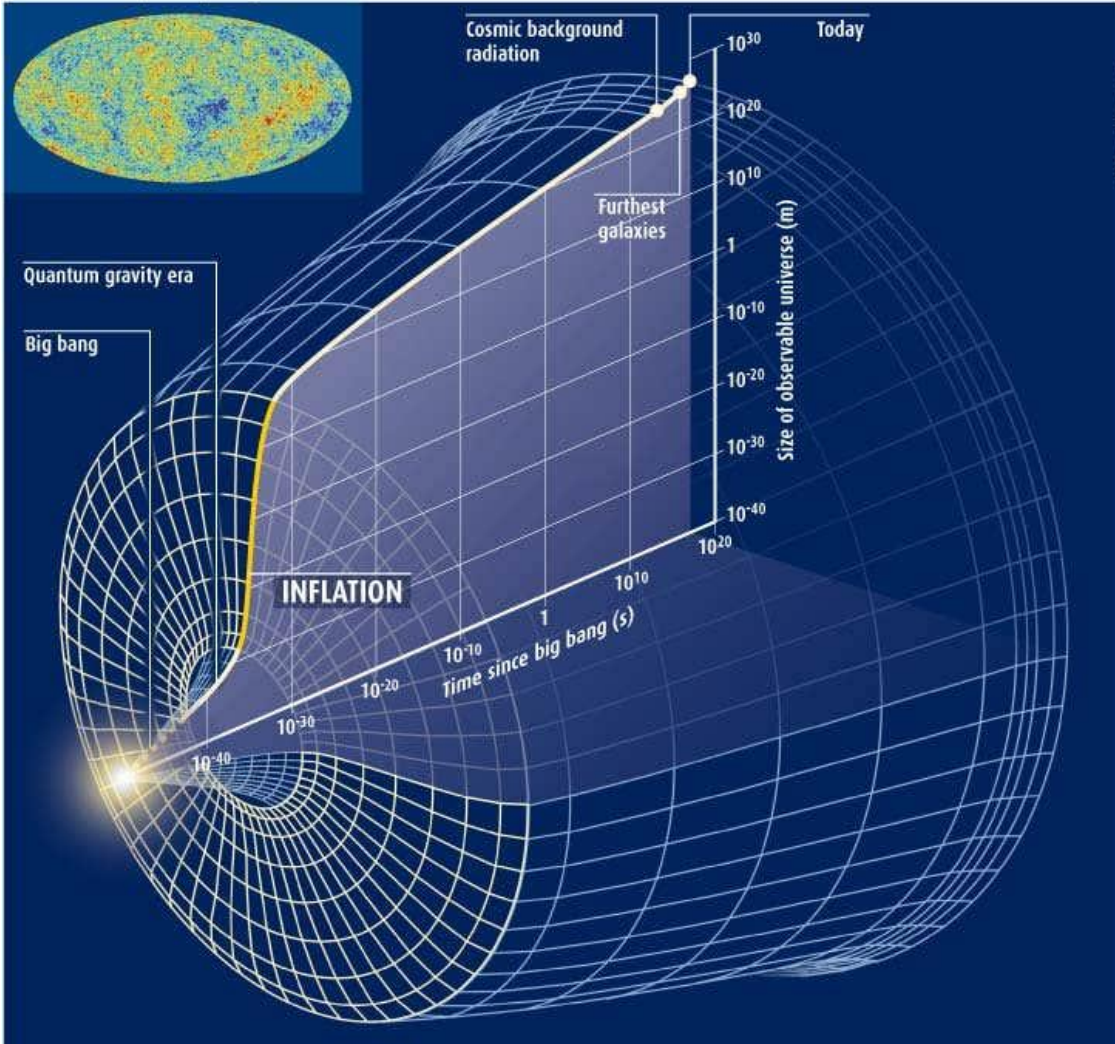
- Si lasciano inalterate le leggi fisiche
- Si aggiunge un ingrediente



Buchi Neri Primordiali (PBH): fluttuazioni quantistiche nell'era dell'inflazione

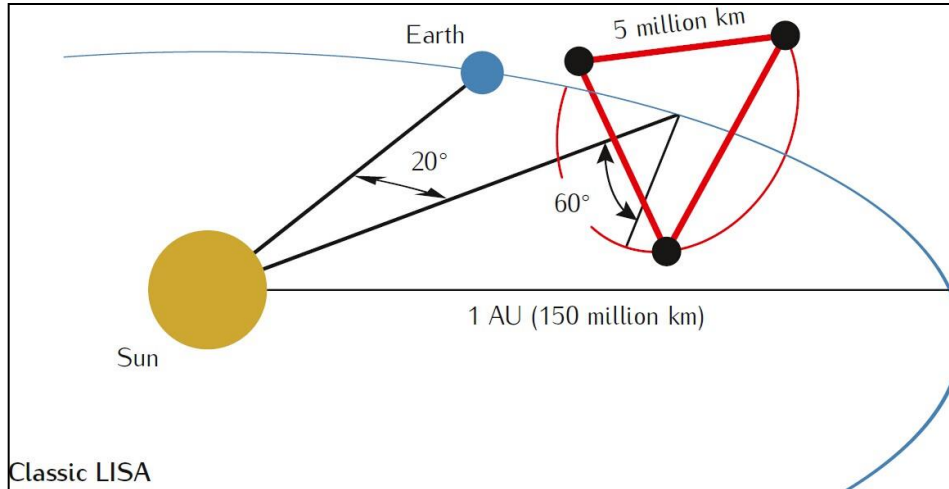
BRIEF HISTORY OF TIME

Inflation lasted less than a millisecond, yet it is responsible for most of the growth of the universe and left its imprint on the microwave background (inset)

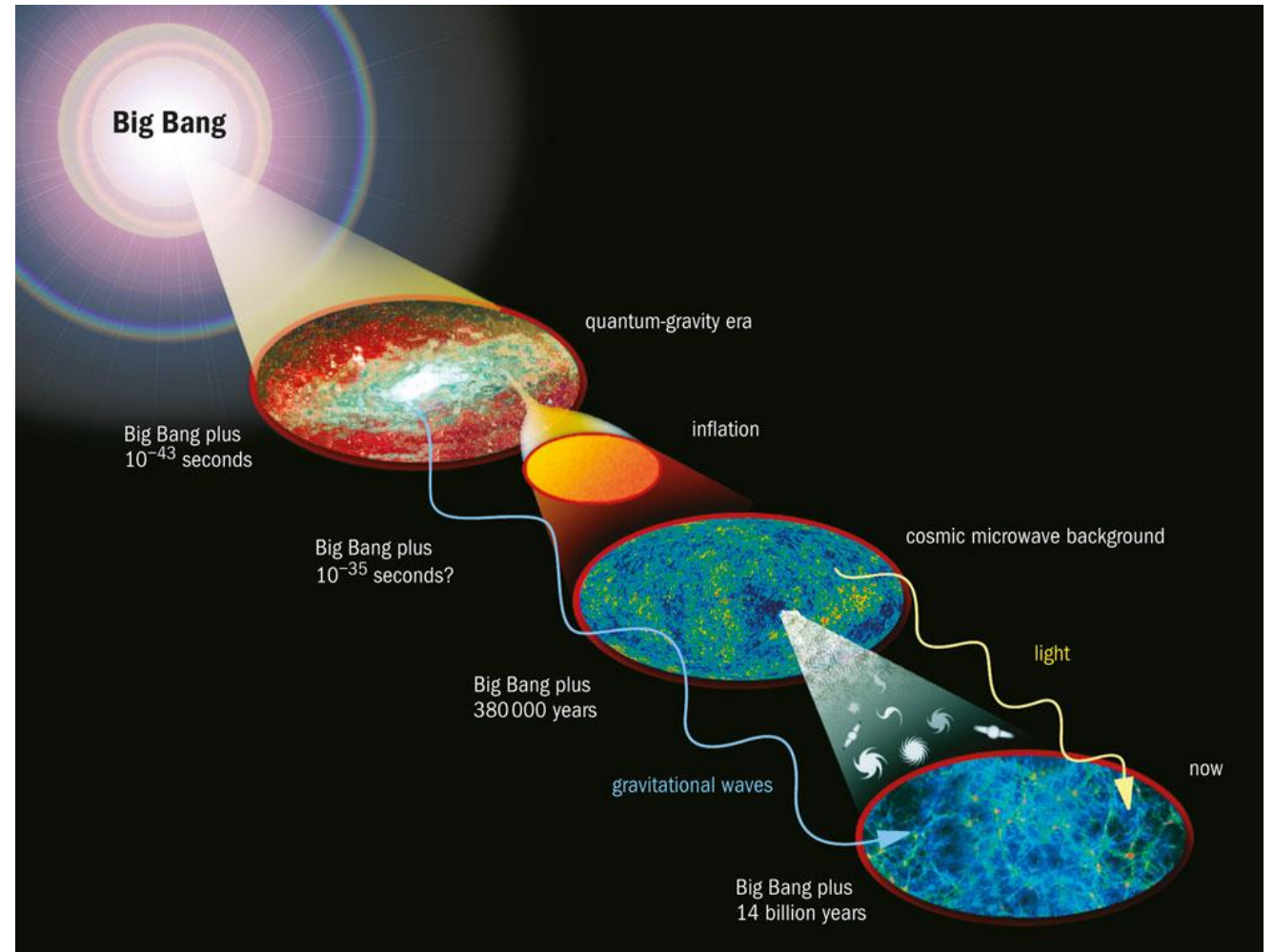
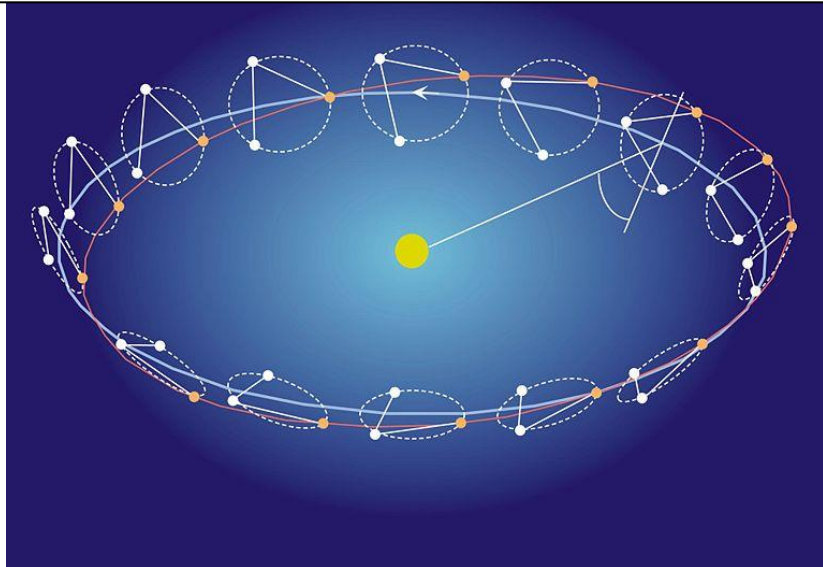


Buchi Neri Primordiali (PBH): fluttuazioni quantistiche nell'era dell'inflazione Con possibilità di rivelazione tramite le onde gravitazionali

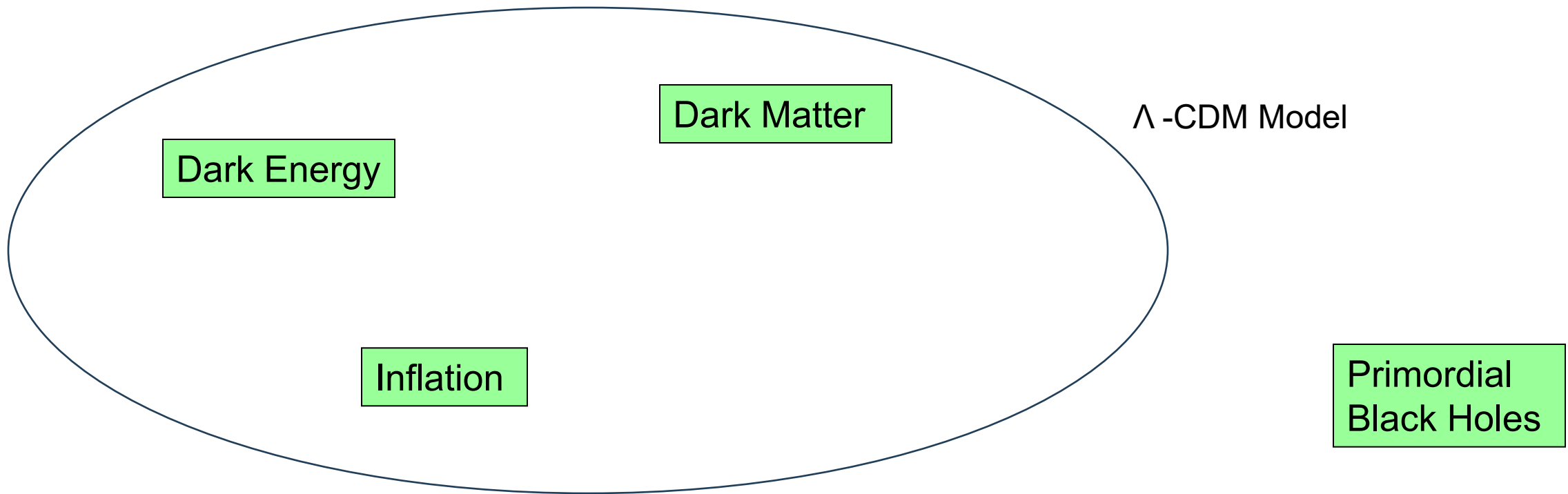
- LISA
- Taiji (Cina)



Classic LISA

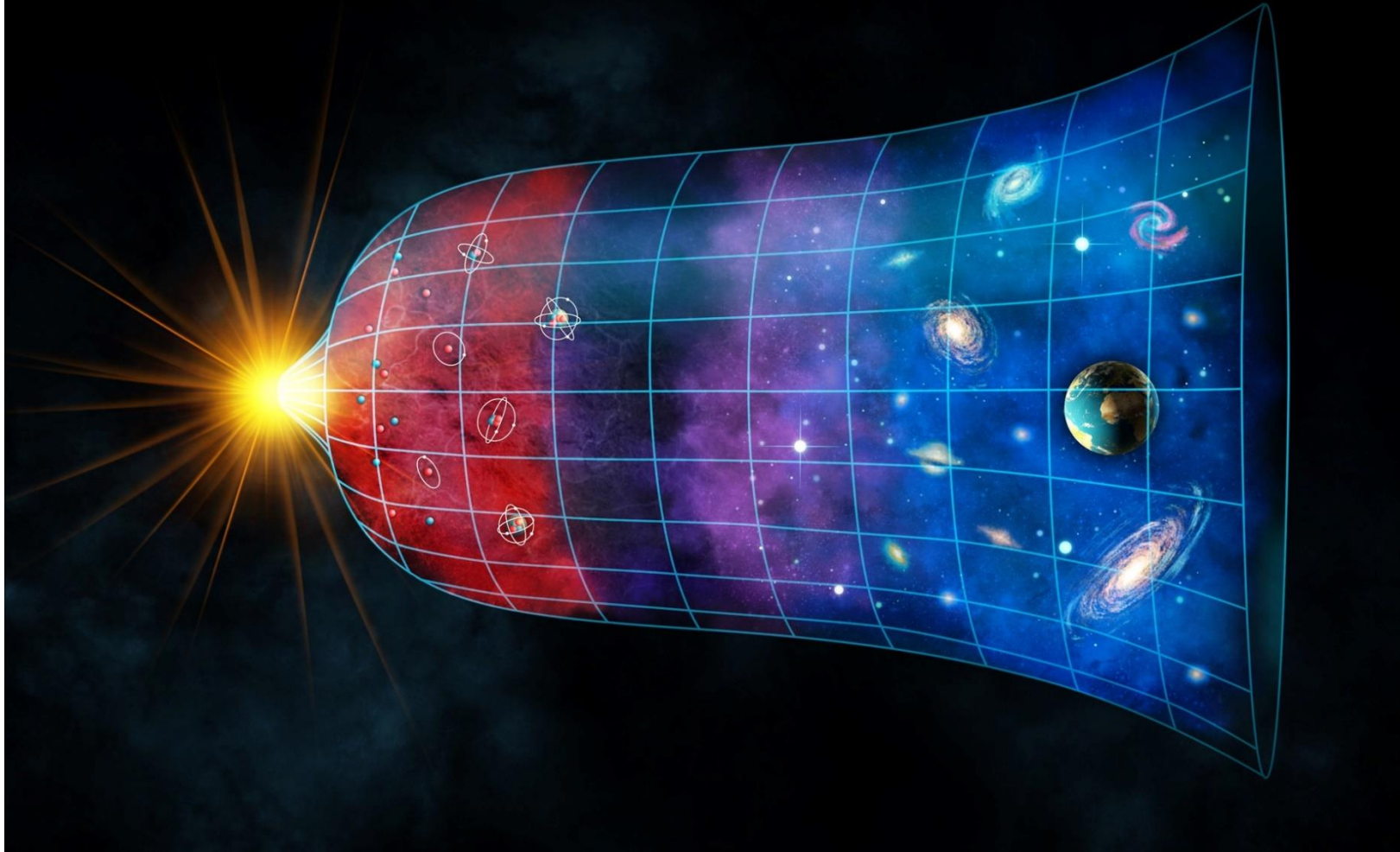


A questo punto sono preoccupato perché cominciano a esserci tanti, troppi, ingredienti «indiretti»



Per questo motivo qualcuno ipotizza anche leggi fisiche diverse (costanti non costanti e altre stranezze). In un Cosmo sempre più strano...

*Due cose riempiono l'animo di ammirazione e venerazione sempre nuova e crescente, quanto piú spesso e piú a lungo la riflessione si occupa di esse: **la cosmologia sopra di me, e la fisica quantistica in me.***
(M. Giammarchi, in parte cit.)



Grazie per l'attenzione