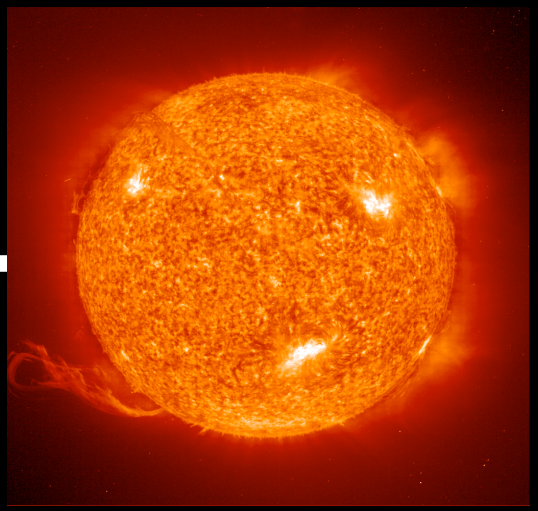
Stelle e Particelle

P. de Bernardis
Dipartimento di Fisica Università La Sapienza
G. Altarelli
Dipartimento di Fisica Università di RomaTre

Caffè Scienza, Roma 15/12/2009

Sole



Terra

8 minuti luce

8 minuti fa

Galassia di Andromeda

Terra

2 miloni di anni luce

2 milioni di anni fa

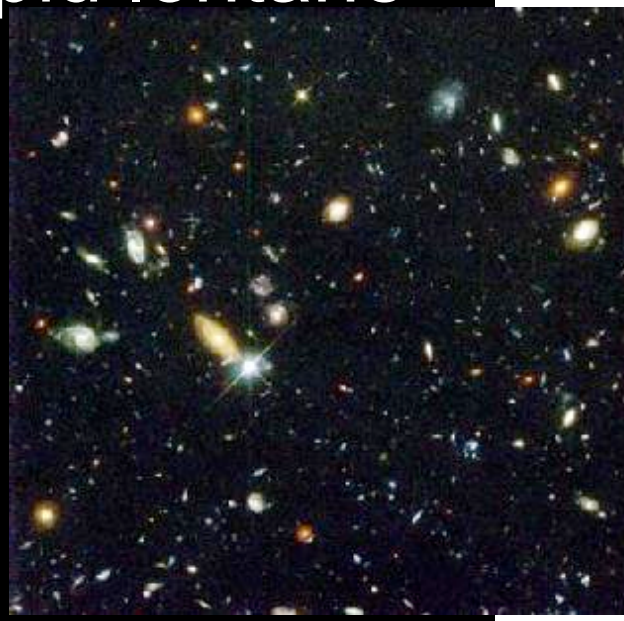
QSO

Terra

1000 milioni di anni luce

1000 milioni di anni fa

Galassie
più lontane



Terra

10000 milioni di anni luce

10000 milioni di anni fa

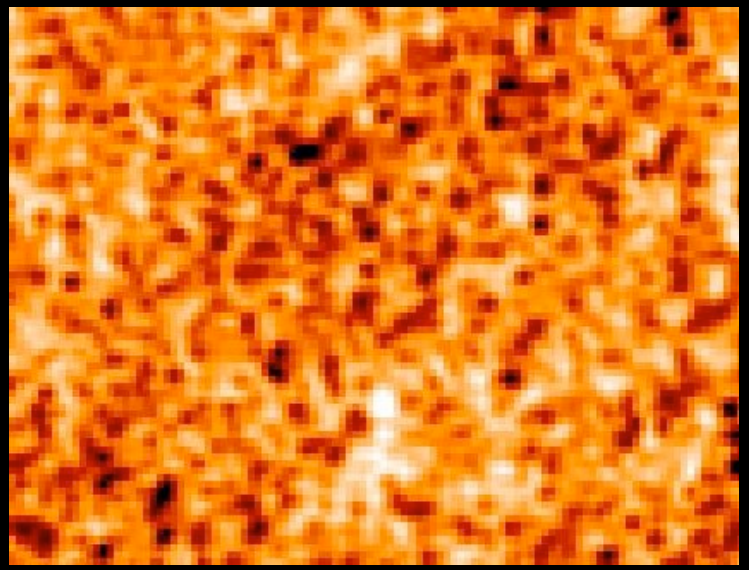
La fotosfera Cosmica

Terra

13.7 miliardi di anni luce

13.7 miliardi di anni fa

Granulazione solare



Gas incandescente sulla superficie del Sole (5500 K)

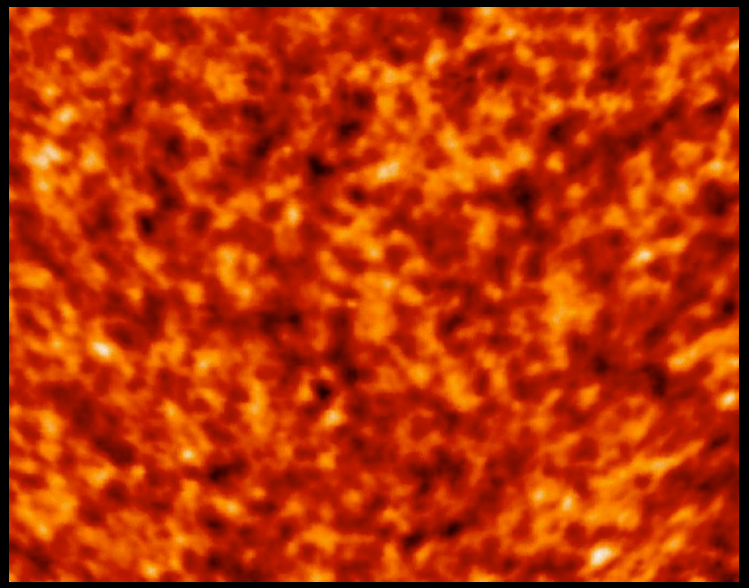
8 minuti luce

Qui, ora

Gas incandescente nell' universo primordiale (l' universo diventa trasparente a 3000 K)

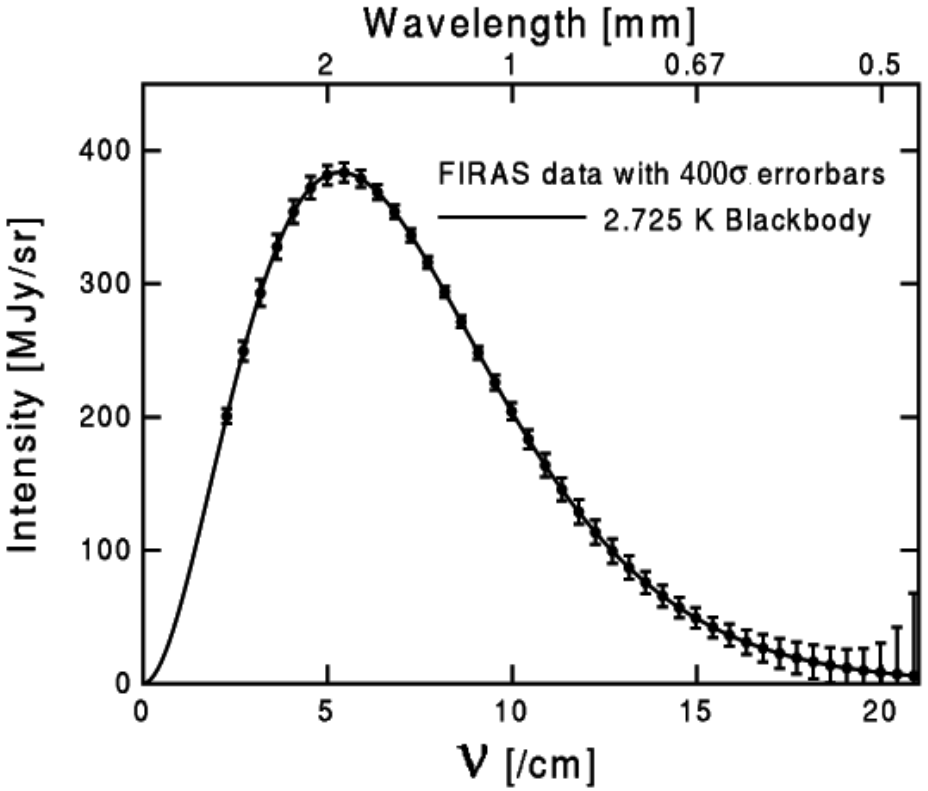
14 miliardi di anni luce

Qui, ora



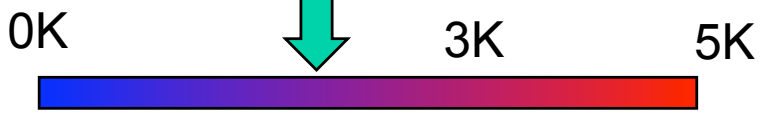
Mappa di BOOMERanG dell' Universo Primordiale

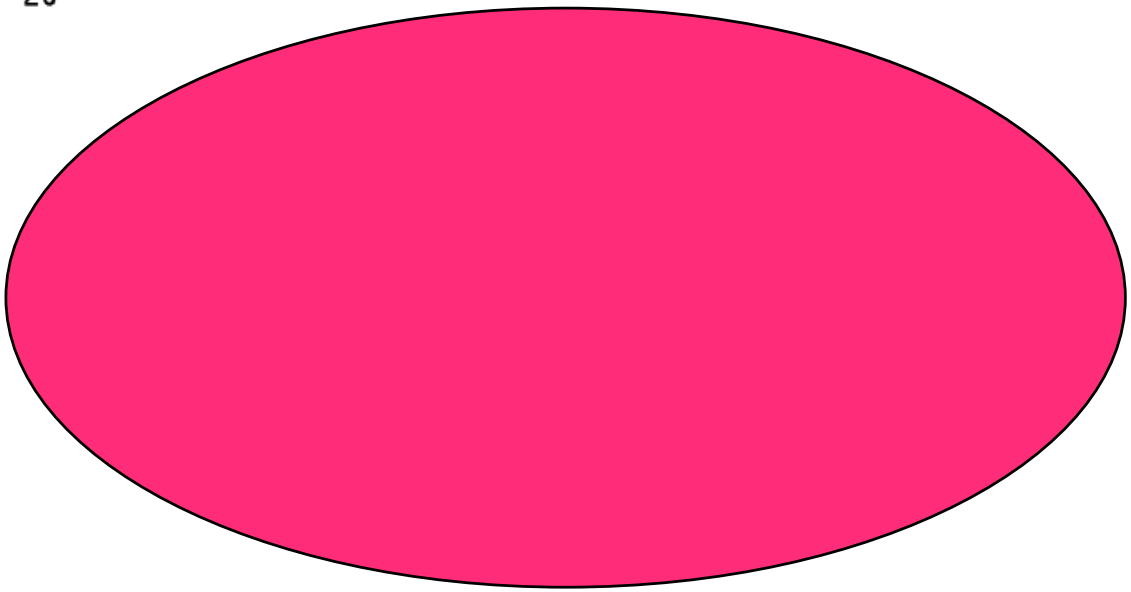

Arno Penzias e Robert Wilson (1965)
Premio Nobel nel 1977

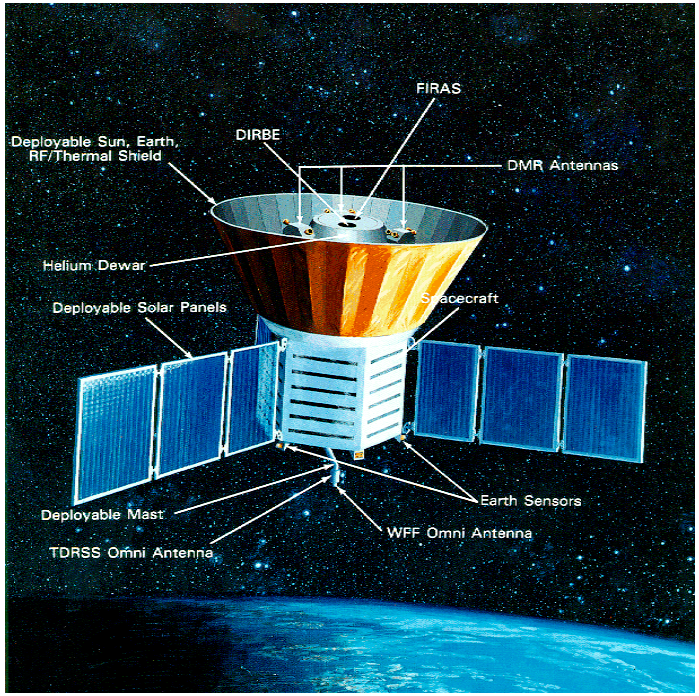


COBE (1992) L' universo iniziale era caldo e denso.

Spettro Termico …. (da COBE-FIRAS ed altri esperimenti)
… **ed isotropia** (entro 30 ppm da COBE-DMR ed altri esperimenti)

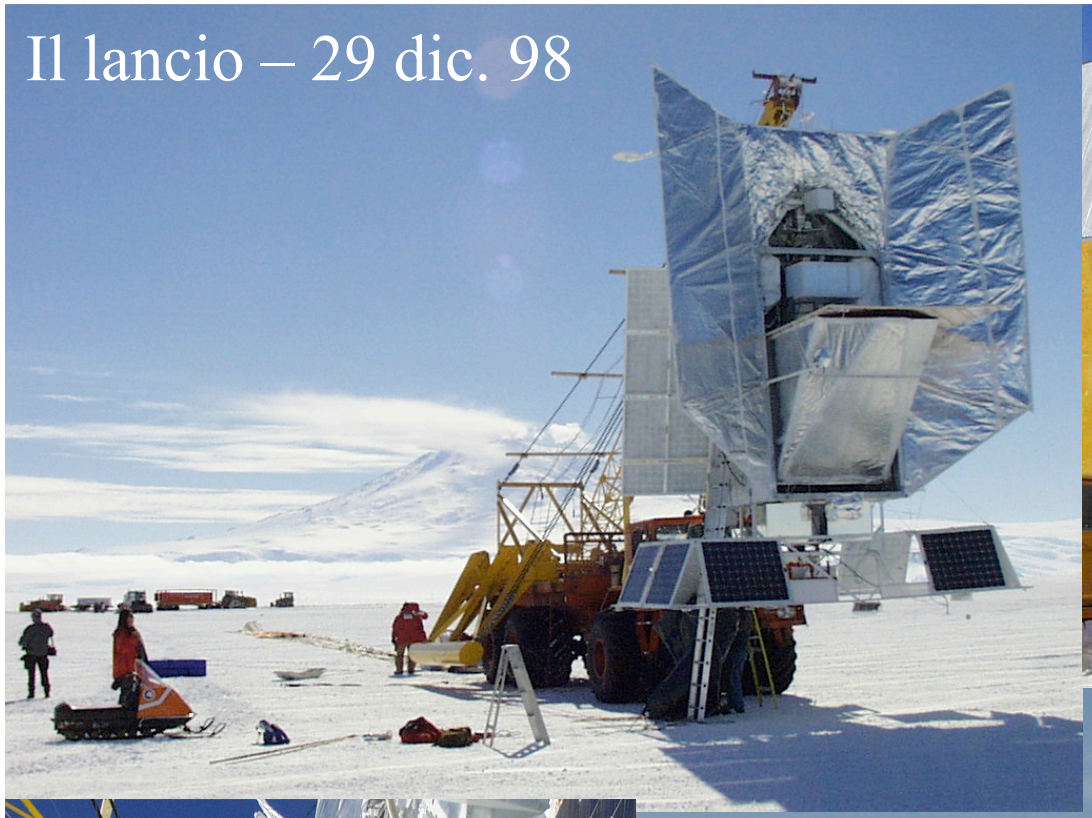






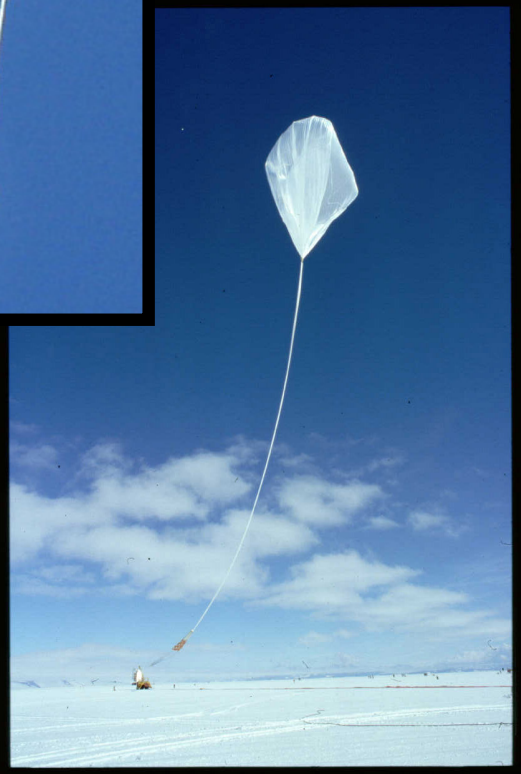
John Mather e George Smoot (COBE, 1992)
Premio Nobel nel 2006

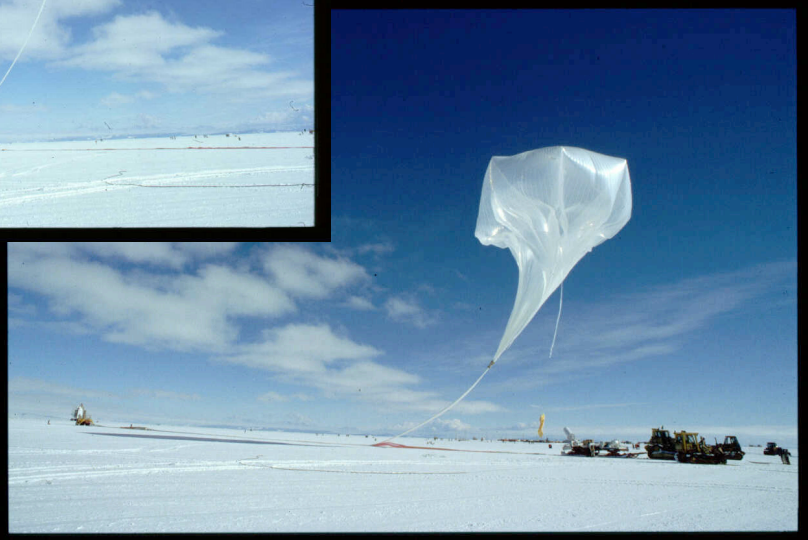
Il lancio – 29 dic. 98



Il lancio: 29/12/1998

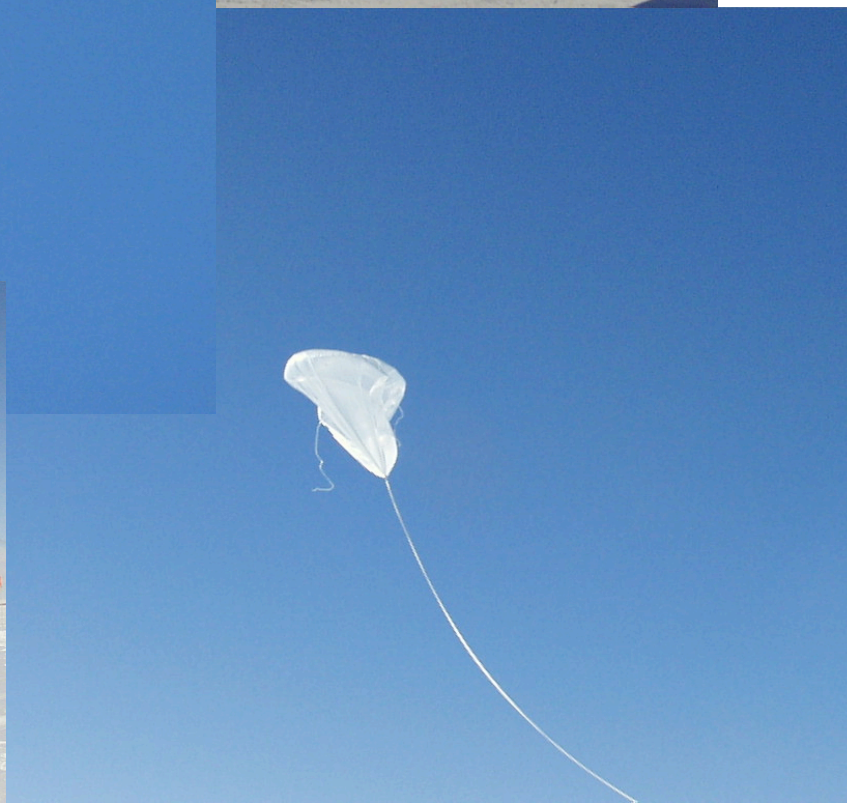
Il lancio: 29/12/1998





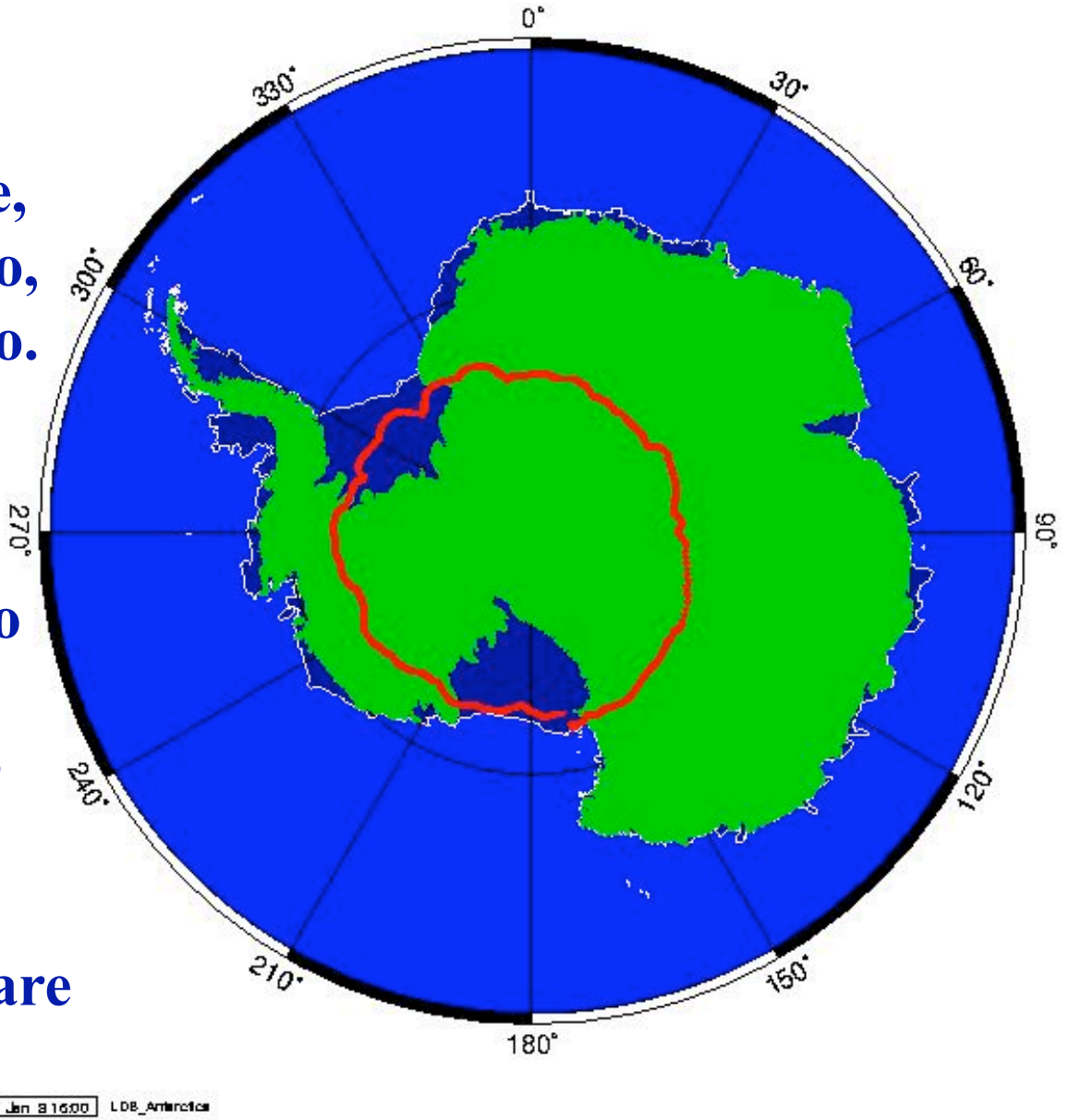
PROGRAMMA NAZIONALE DI RICERCHE IN ANTARTIDE

Il lancio – 29 dic. 98

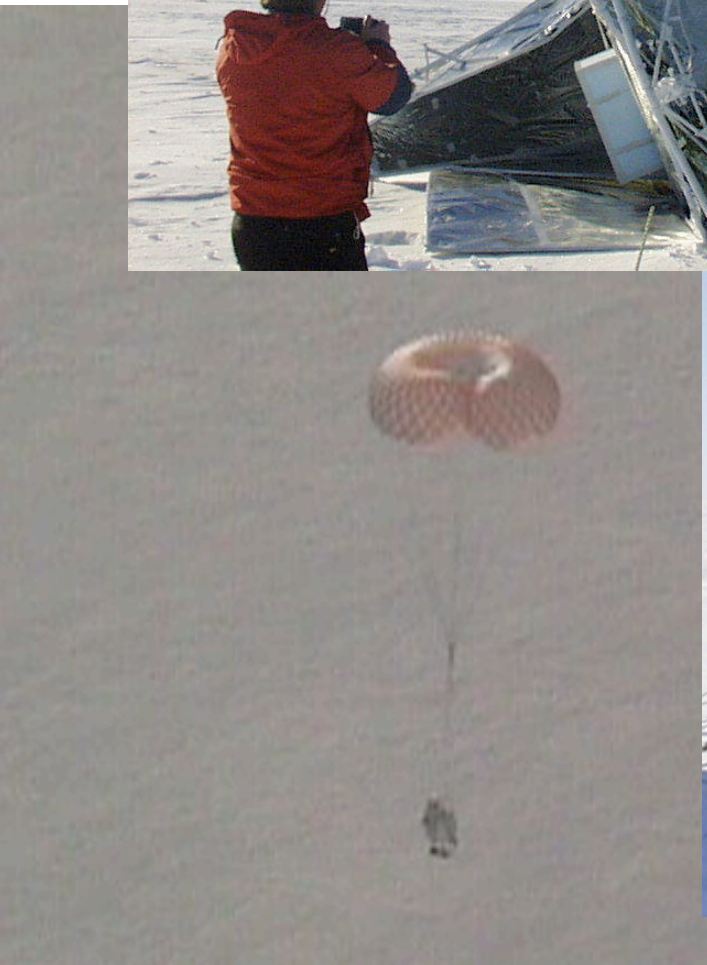


Il viaggio fortunato della navicella: a 37 Km di quota, in balia delle correnti a getto, ha circumnavigato l' Antartide per tornare, dopo 8000 km di viaggio, vicino alla base di lancio.

L' 8/1/1999, mentre sorvolava il pack vicino alla base, abbiamo inviato il telecomando di separazione. Il giorno successivo abbiamo potuto recuperare la navicella.



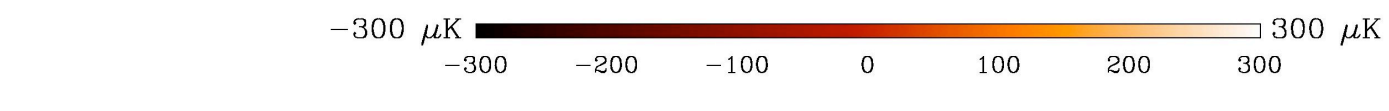
Recupero – 9/1/99

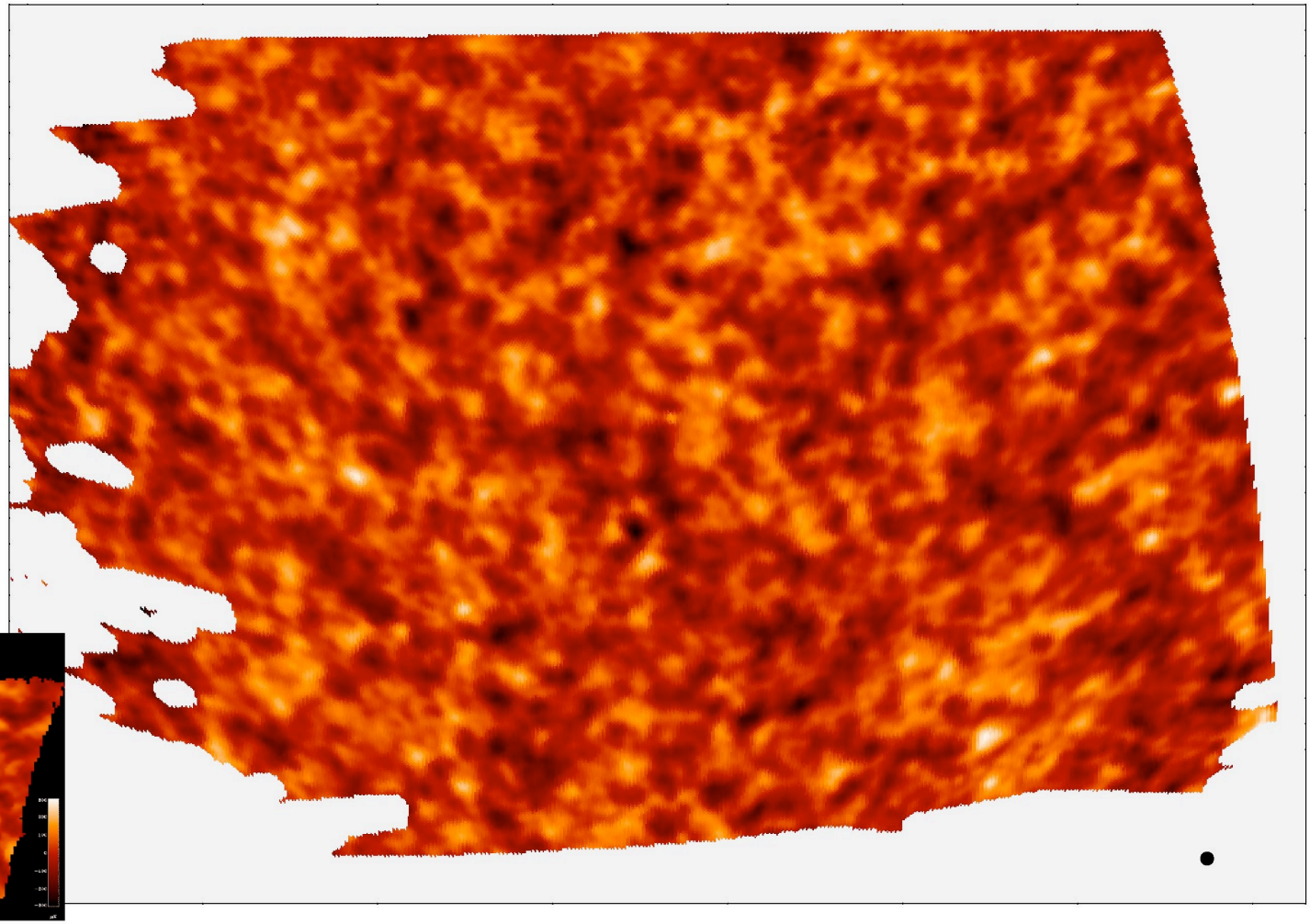


Un visitatore solitario (13/1/99)

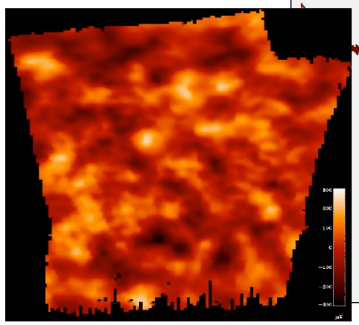
2000-04-12

Boomerang/LDB CMB map

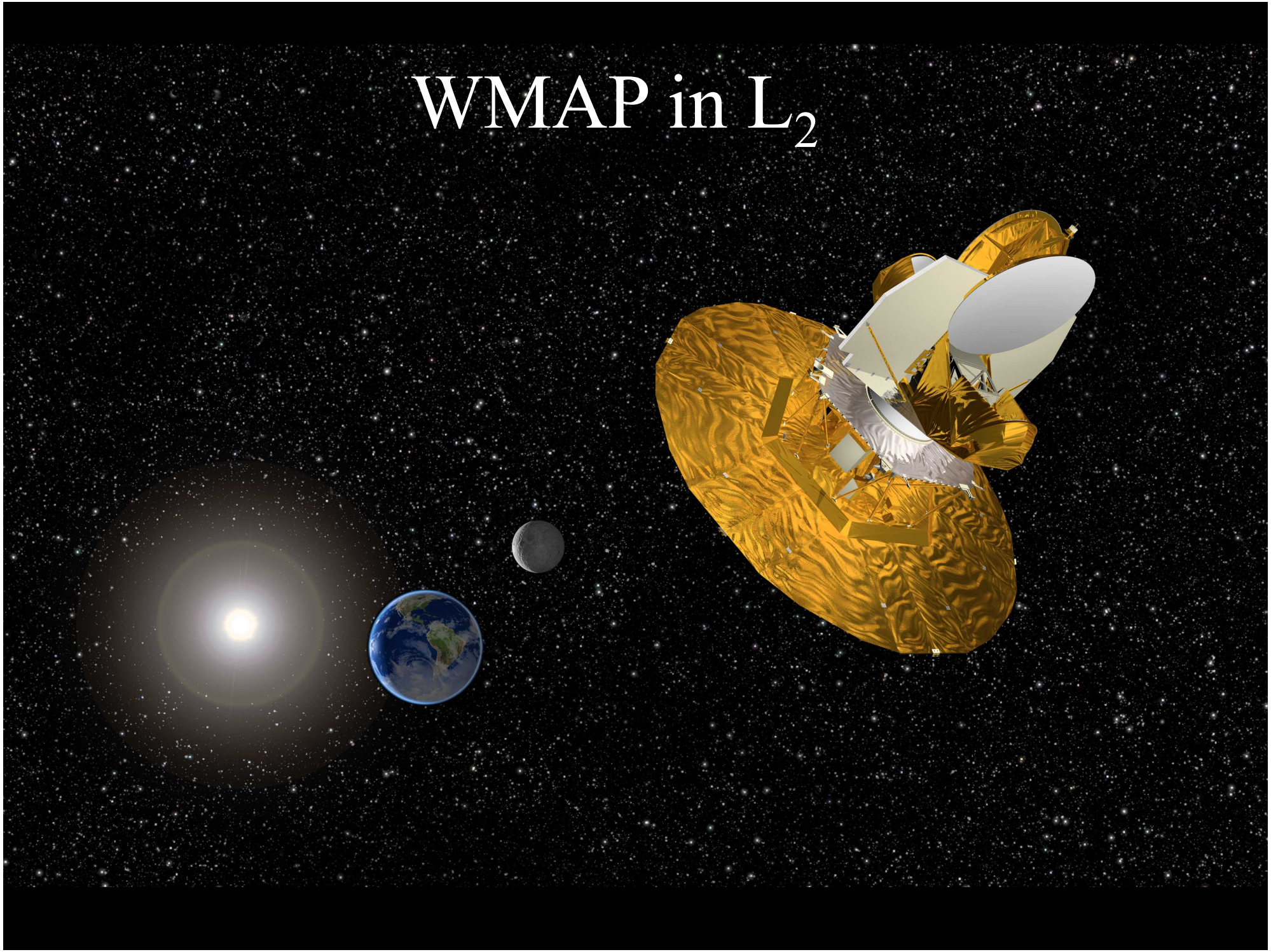


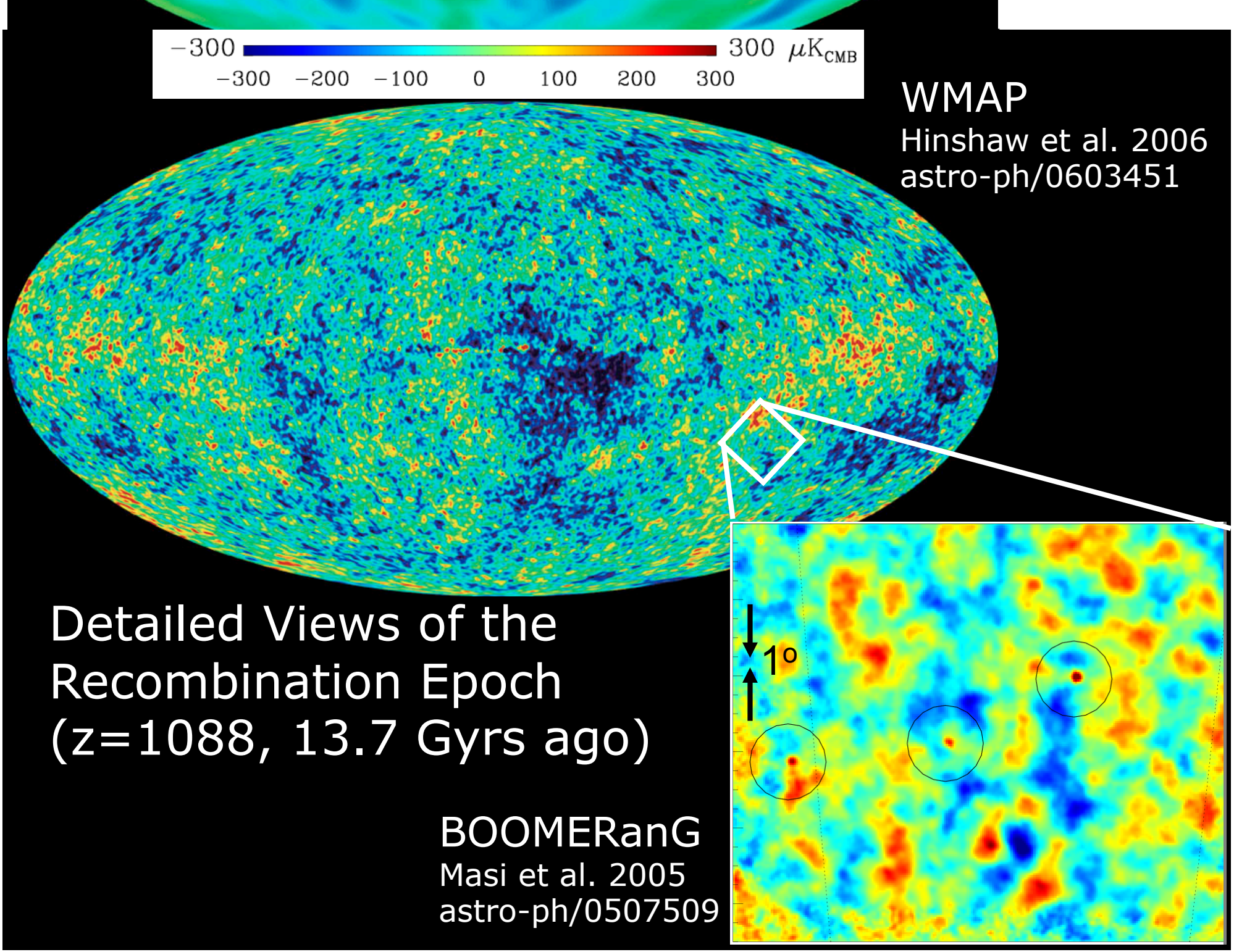


MAXIMA-1



WMAP in L_2

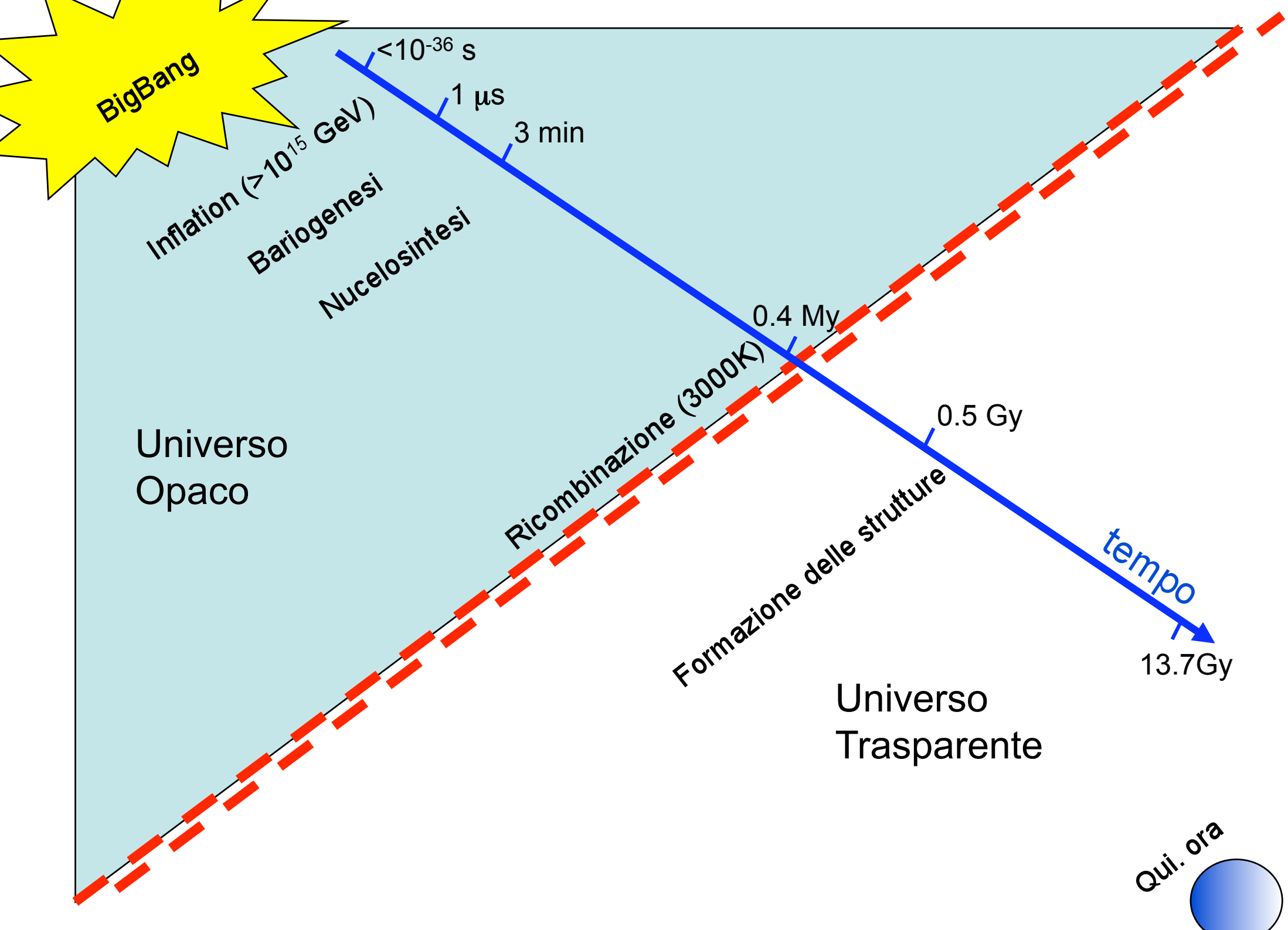


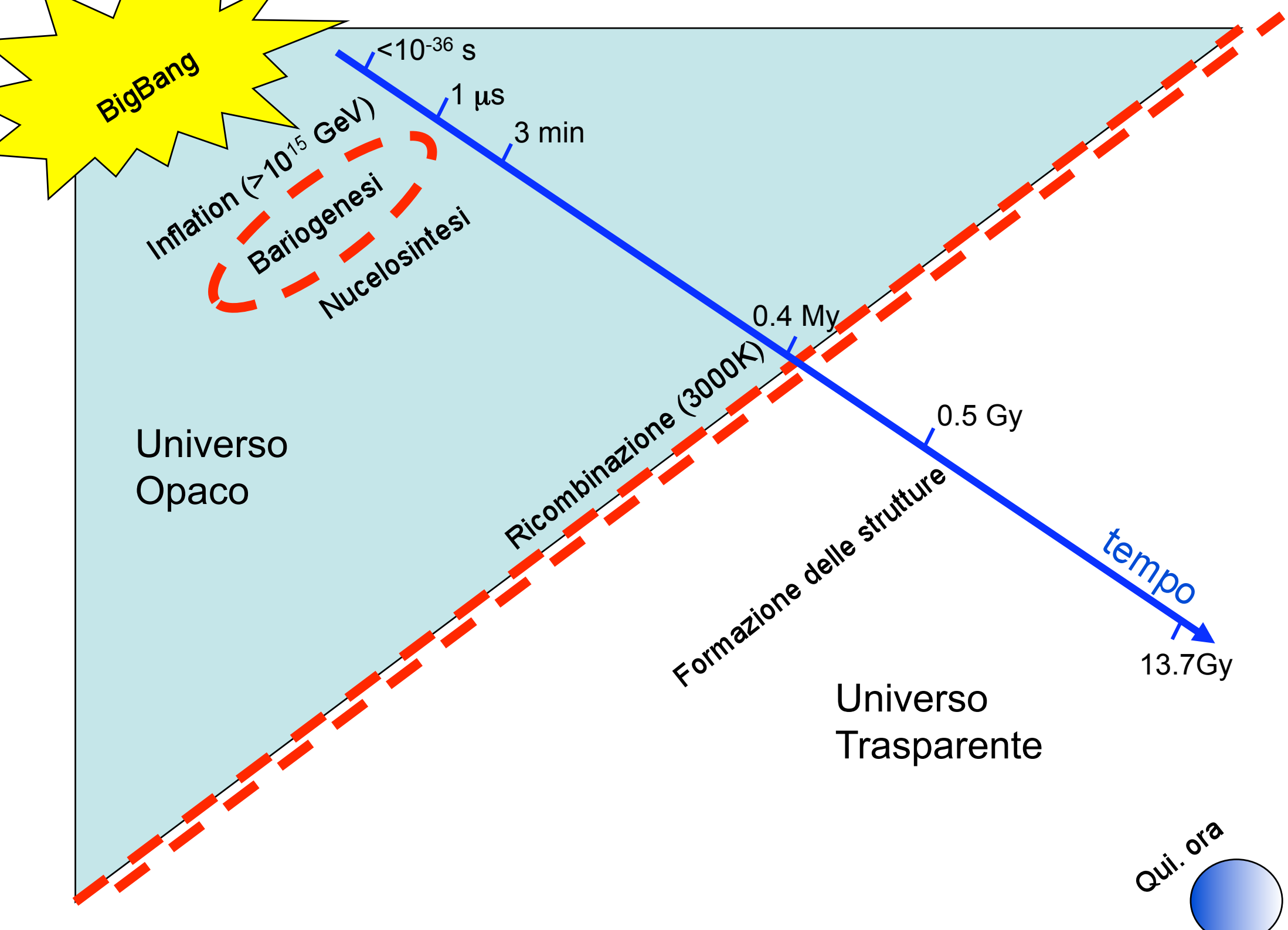


WMAP
Hinshaw et al. 2006
astro-ph/0603451

Detailed Views of the
Recombination Epoch
(z=1088, 13.7 Gyrs ago)

BOOMERanG
Masi et al. 2005
astro-ph/0507509

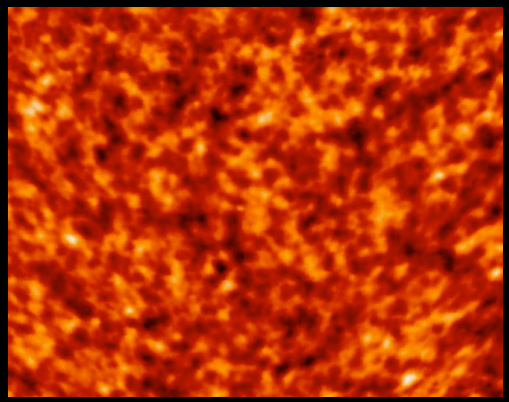

BigBang
<10-36 s
1 μs
3 min
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucelosintesi
0.4 My
Ricombinazione (3000K)
0.5 Gy
Formazione delle strutture
tempo
13.7Gy
Universo
Opaco
Universo
Trasparente
Qui. ora

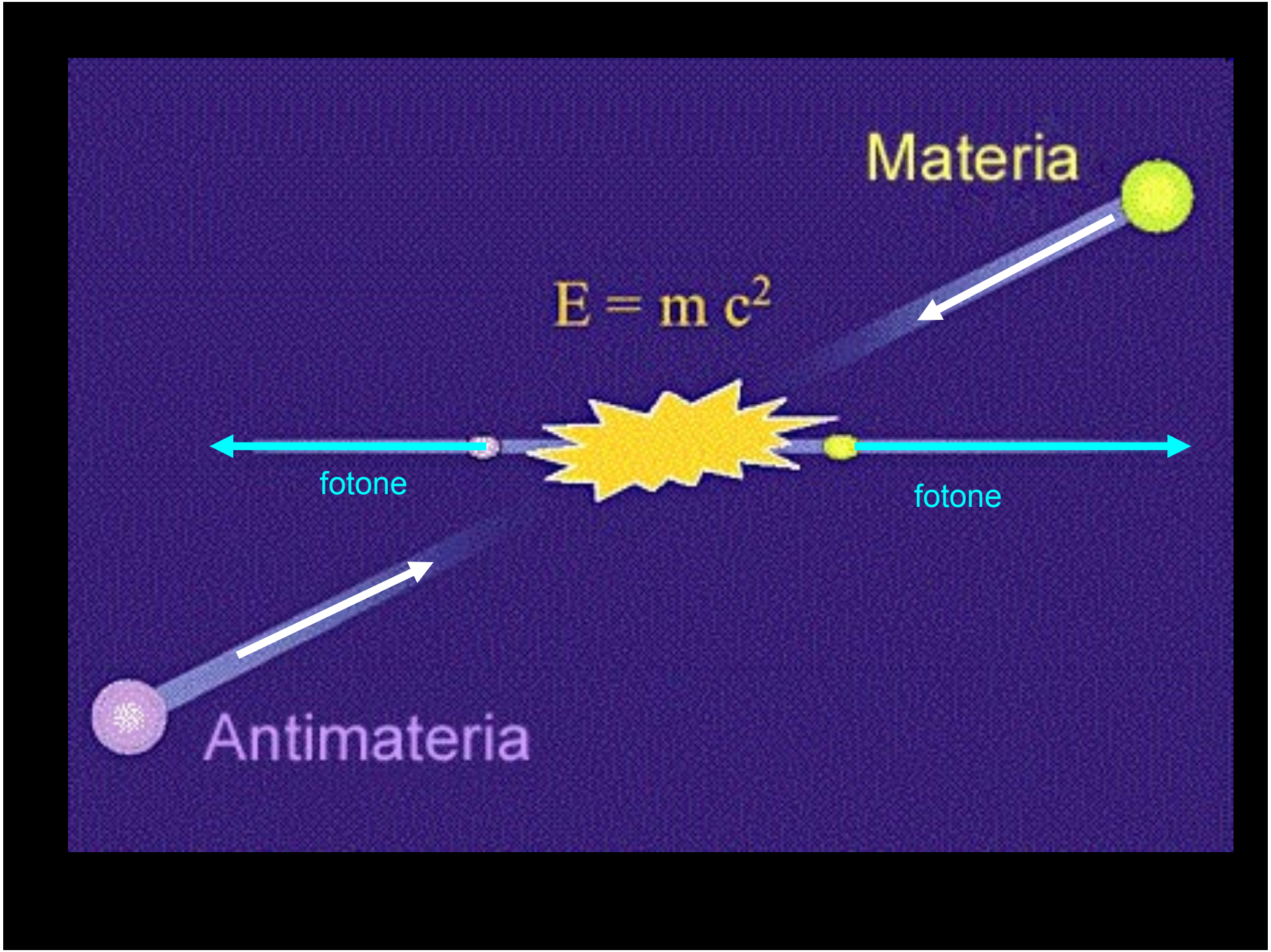

BigBang
<10-36 s
1 μs
3 min
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucelosintesi
0.4 My
Ricombinazione (3000K)
0.5 Gy
Formazione delle strutture
tempo
13.7Gy
Universo
Opaco
Universo
Trasparente
Qui. ora

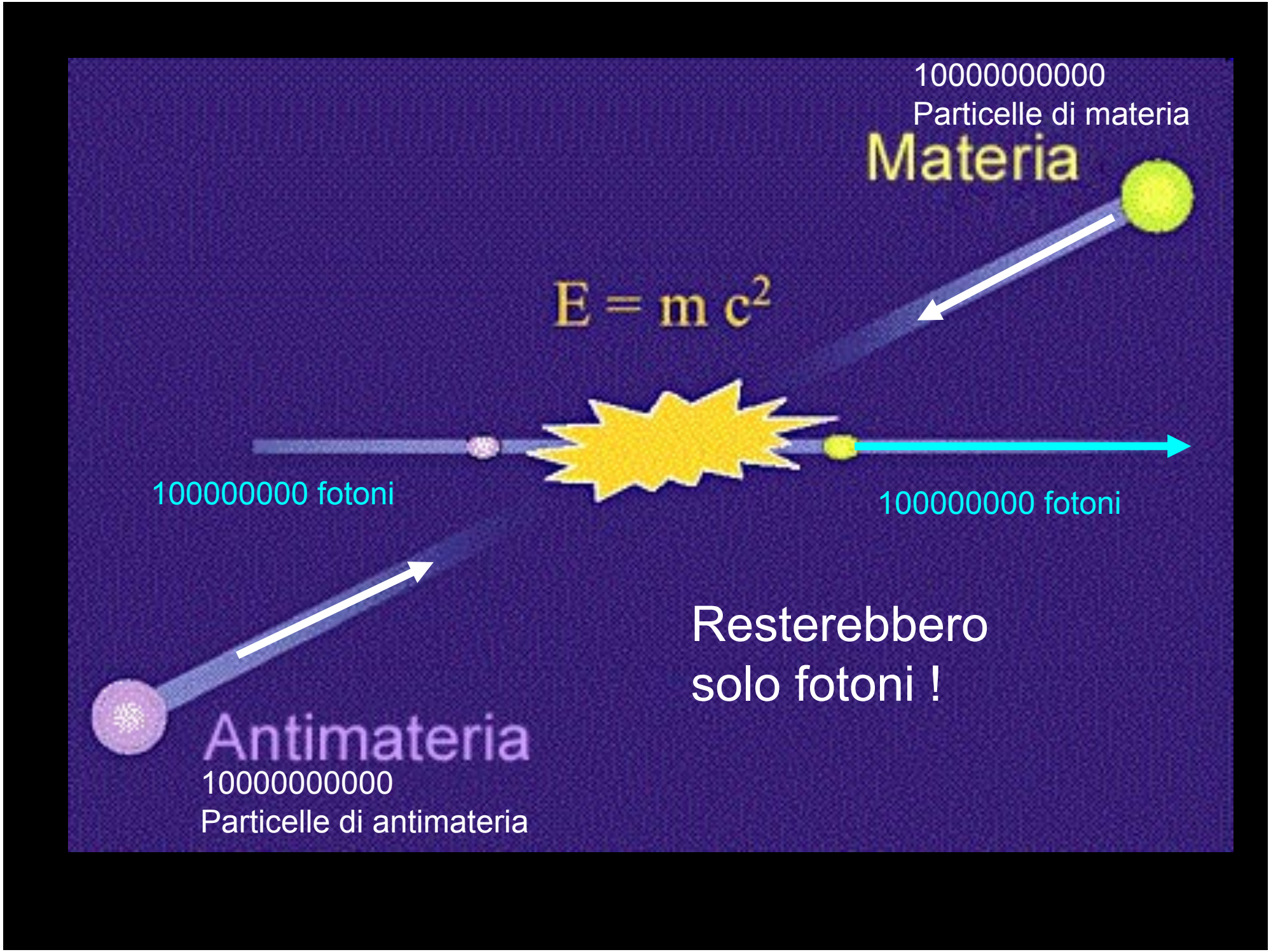
Un Universo di Materia

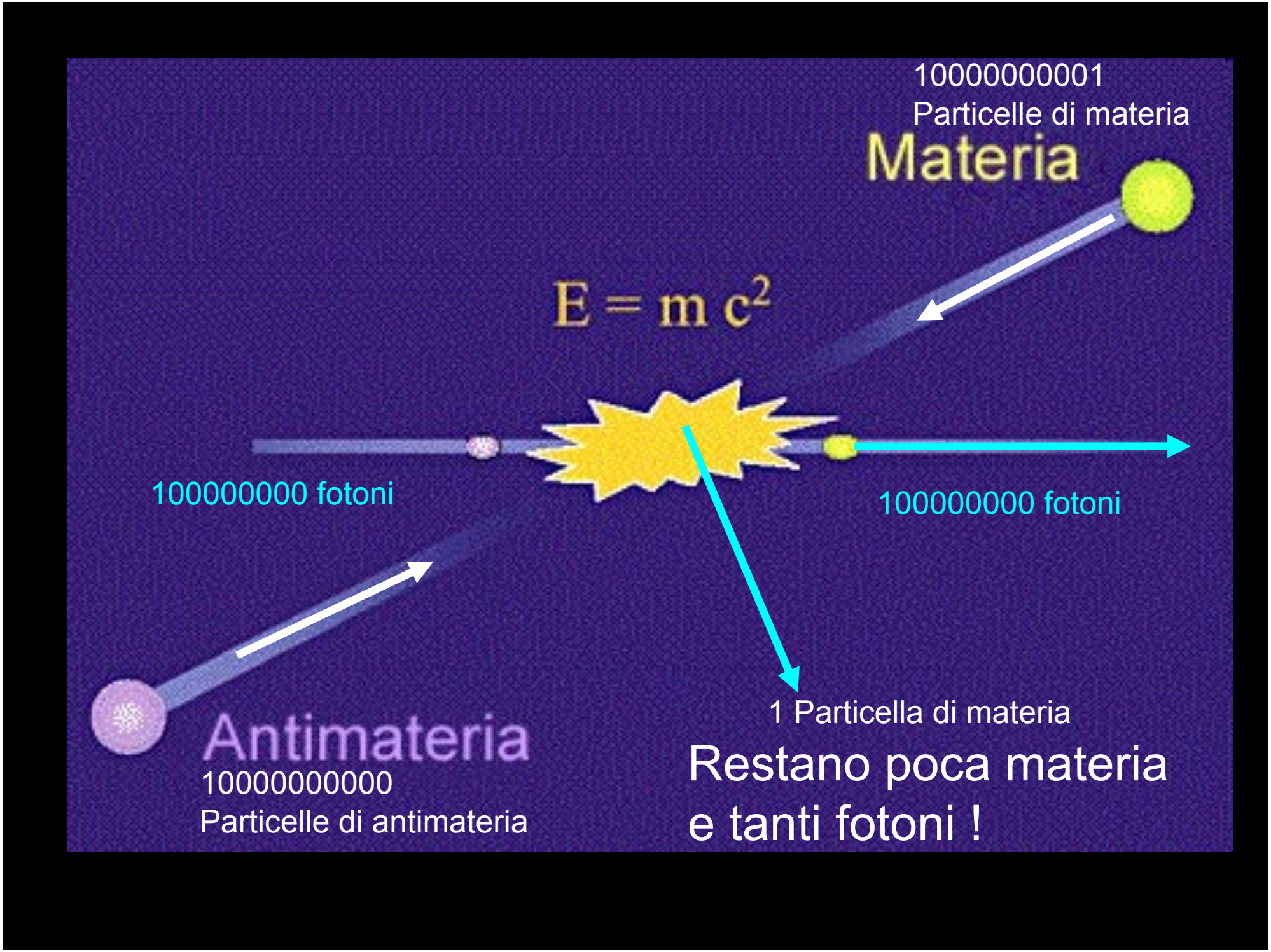
- Materia:
  in media
    1 particella ogni
    25 milioni di cm^3

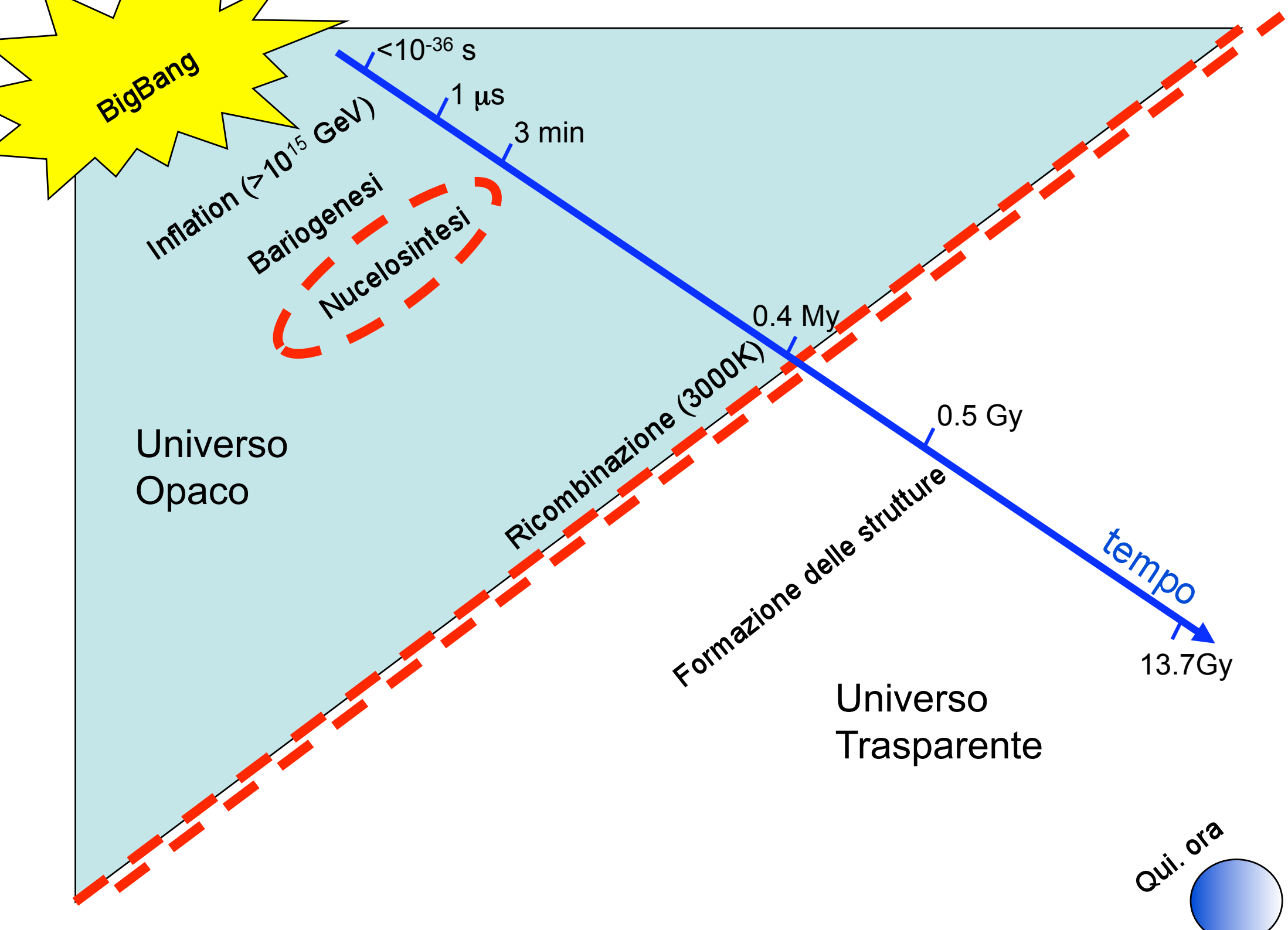
- Luce:
  in media
    400 fotoni
    per ogni cm^3




Materia
$E = m\,c^2$
fotone
fotone
Antimateria


10000000000
Particelle di materia
Materia
E = m c²
100000000 fotoni
100000000 fotoni
Resterebbero
solo fotoni !
Antimateria
10000000000
Particelle di antimateria


10000000001
Particelle di materia
Materia
E = m c²
100000000 fotoni
100000000 fotoni
1 Particella di materia
Antimateria
10000000000
Particelle di antimateria
Restano poca materia
e tanti fotoni !


BigBang
<10-36 s
1 μs
3 min
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucelosintesi
0.4 My
Ricombinazione (3000K)
0.5 Gy
Formazione delle strutture
tempo
13.7Gy
Universo
Opaco
Universo
Trasparente
Qui. ora

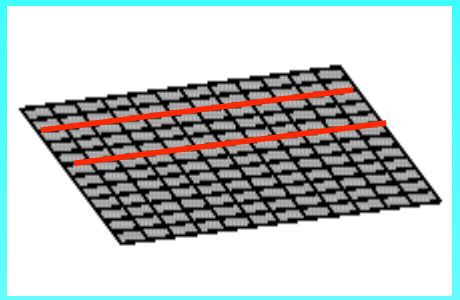
Che geometria ha il nostro universo ?
Dipende da quanta massa-energia c'e' !

Densita'
Critica

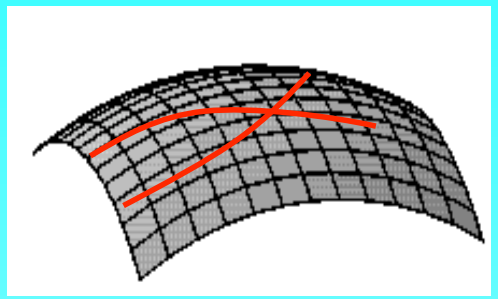
Densita'
piu' alta

Densita'
piu' bassa

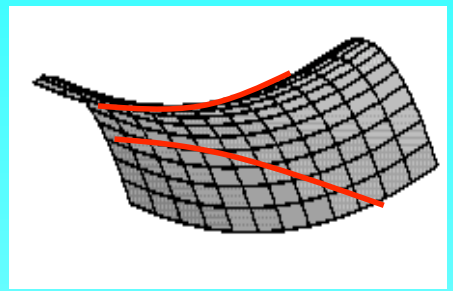
Spazio Euclideo in 2-D



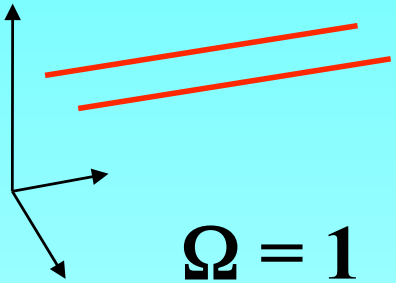
Spazio curvo in 2-D
(curvatura positiva)



Spazio curvo in 2-D
(curvatura negativa)

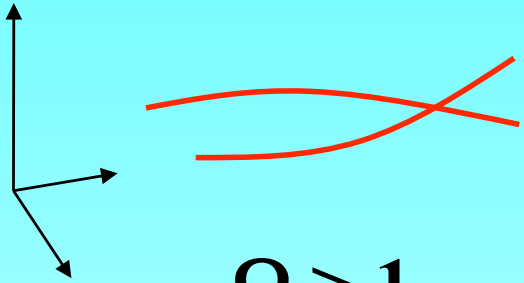


Spazio Euclideo in 3-D



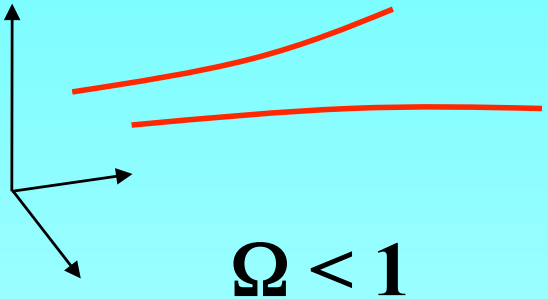
$\Omega = 1$

Spazio curvo in 3-D
(curvatura positiva)

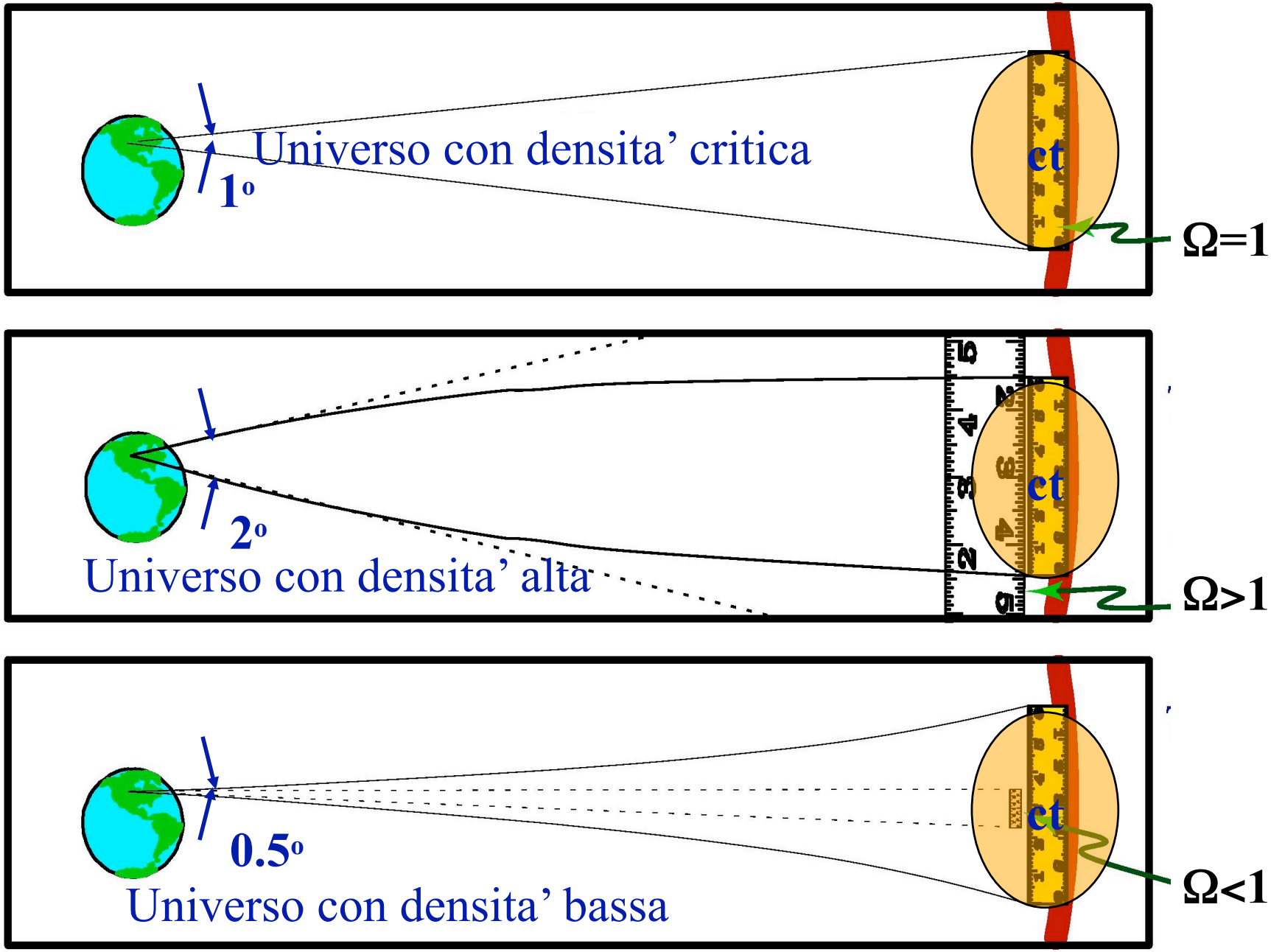


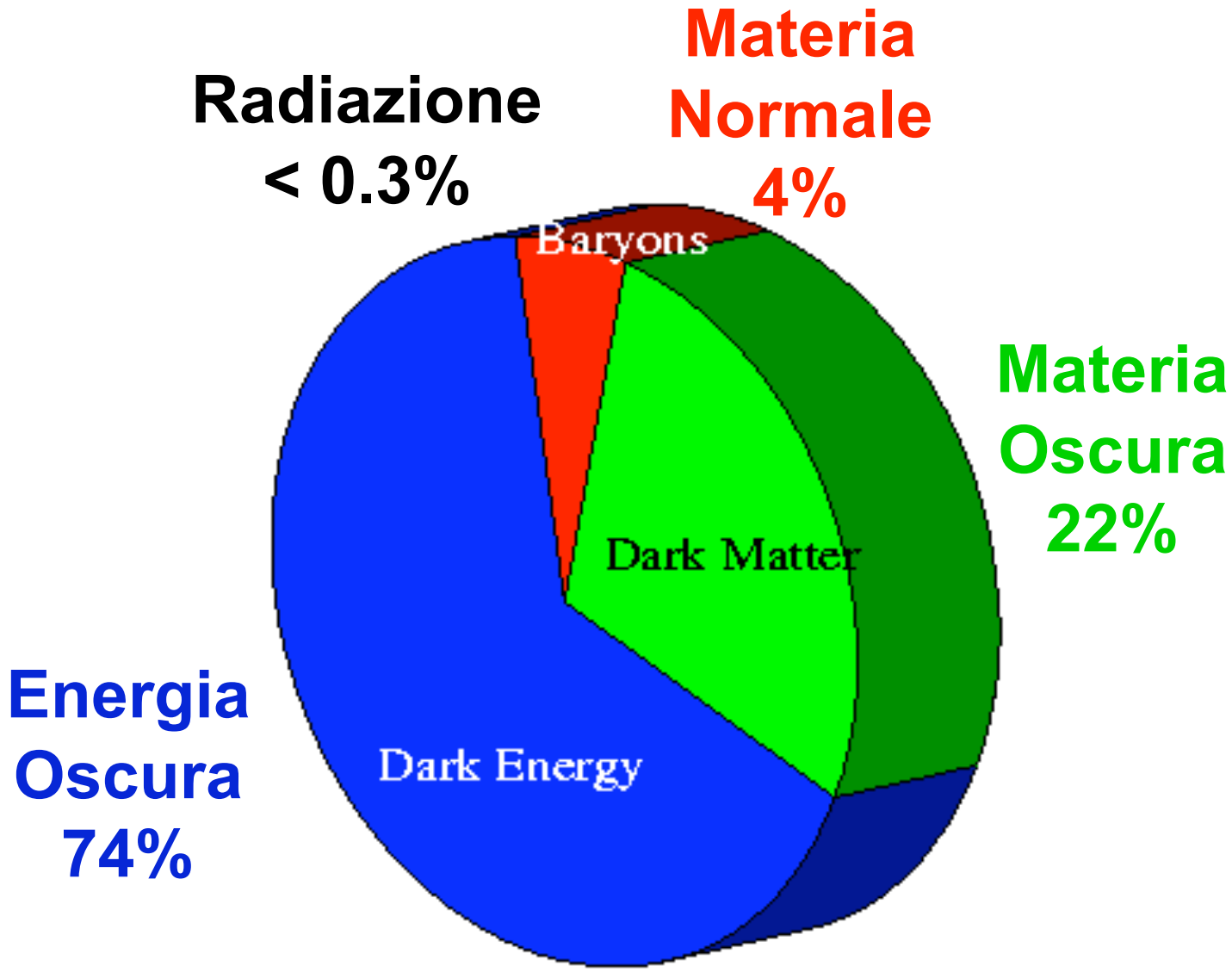
$\Omega > 1$

Spazio curvo in 3-D
(curvatura negativa)



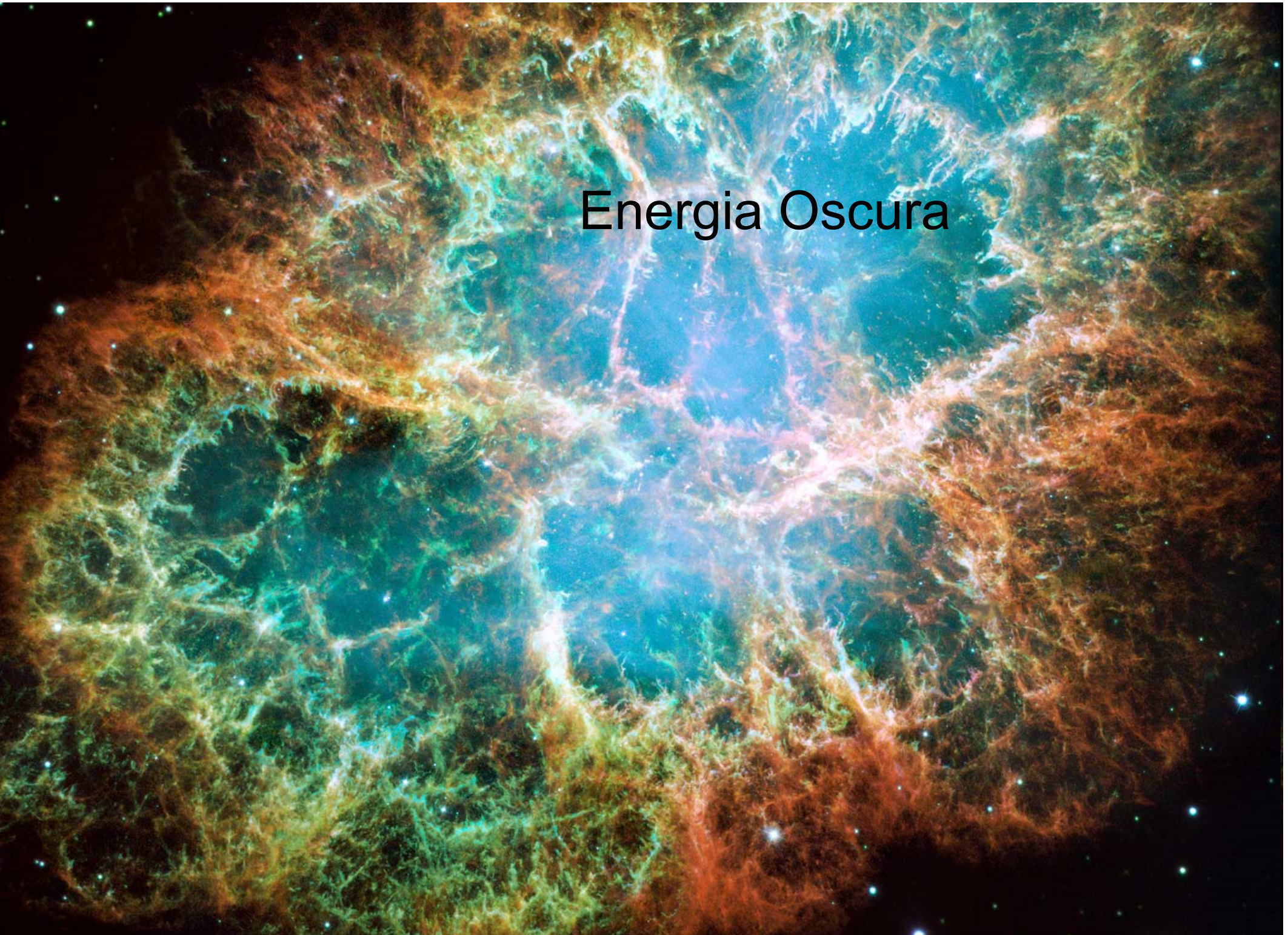
$\Omega < 1$


Universo con densita' critica
1°
ct
Ω=1
2°
Universo con densita' alta
ct
Ω>1
0.5°
Universo con densita' bassa
ct
Ω<1



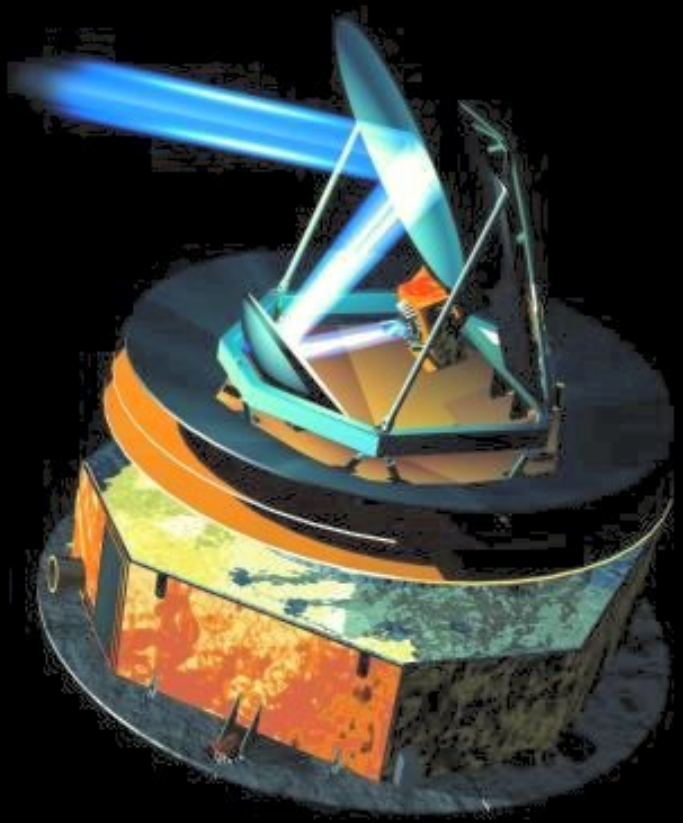
La “strana” composizione dell’ Universo

Materia Oscura

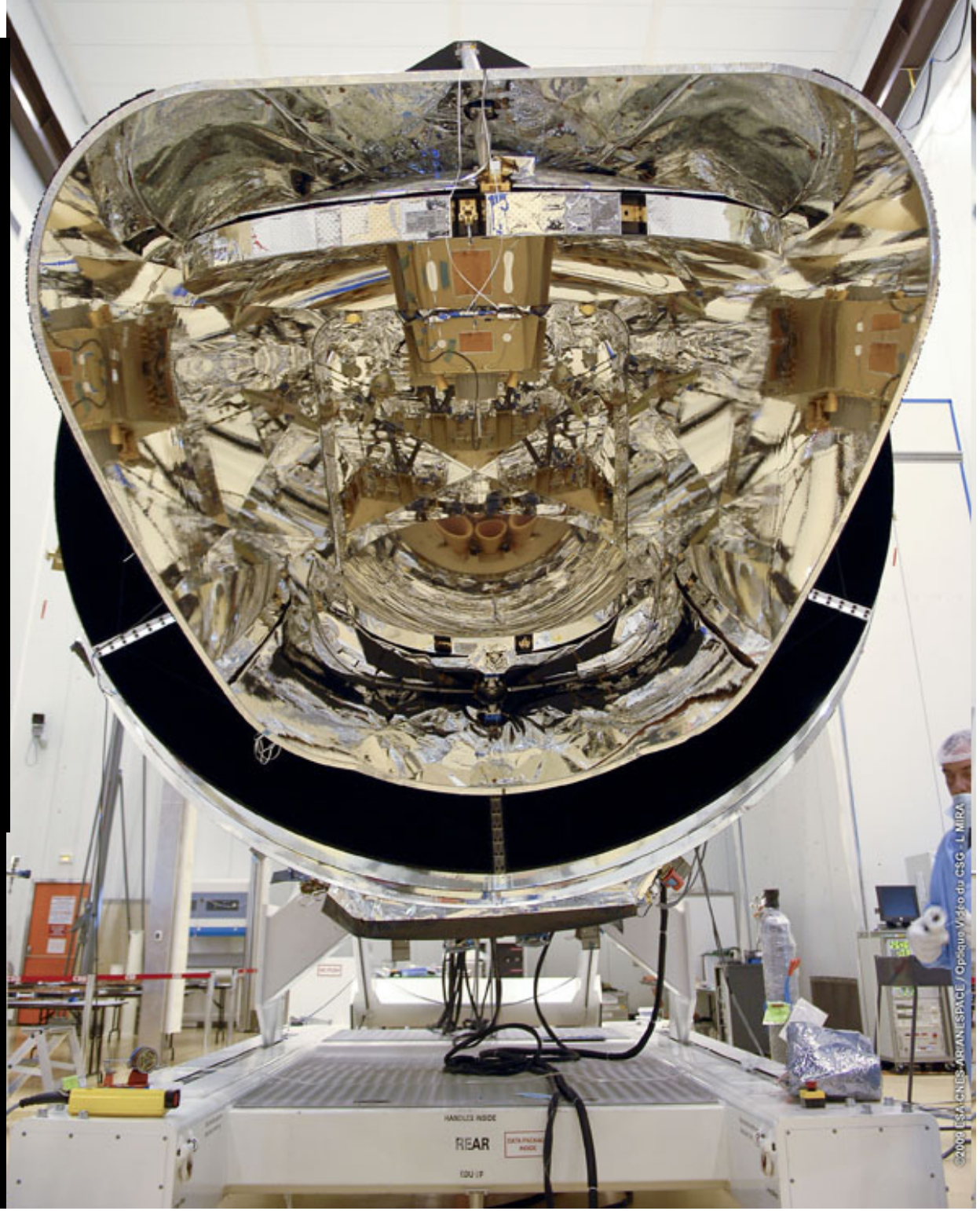

Energia Oscura

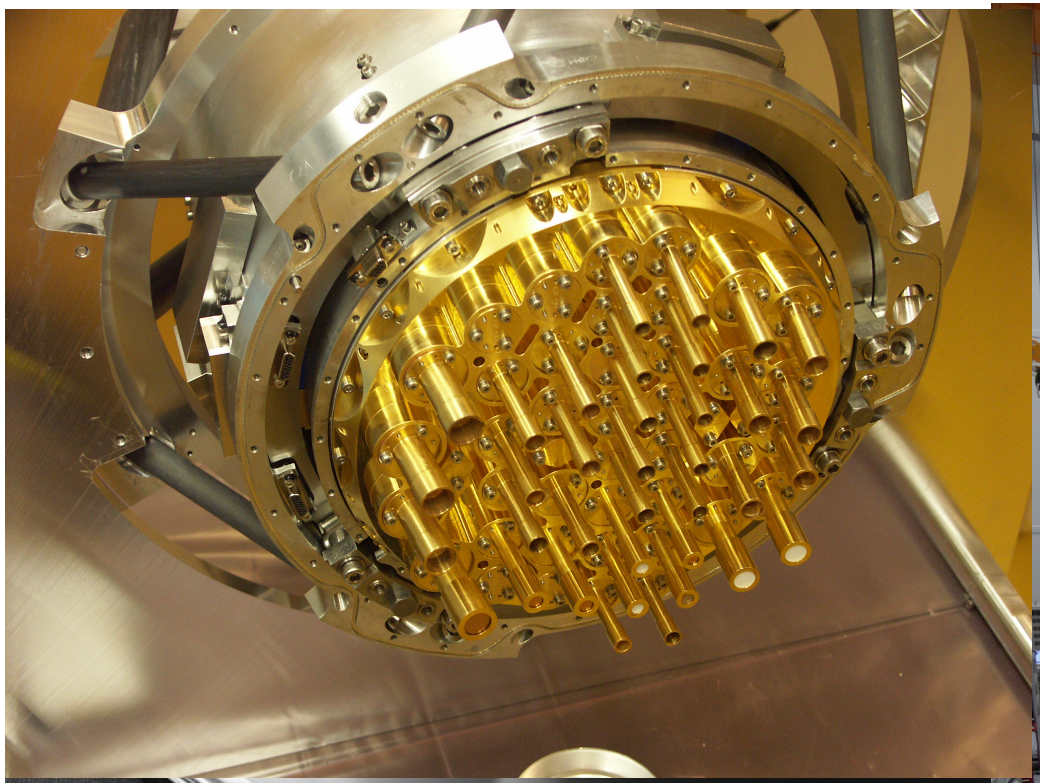

esa
PLANCK
Looking back to the dawn of time
Un regard vers l'aube du temps
http://sci.esa.int/planck

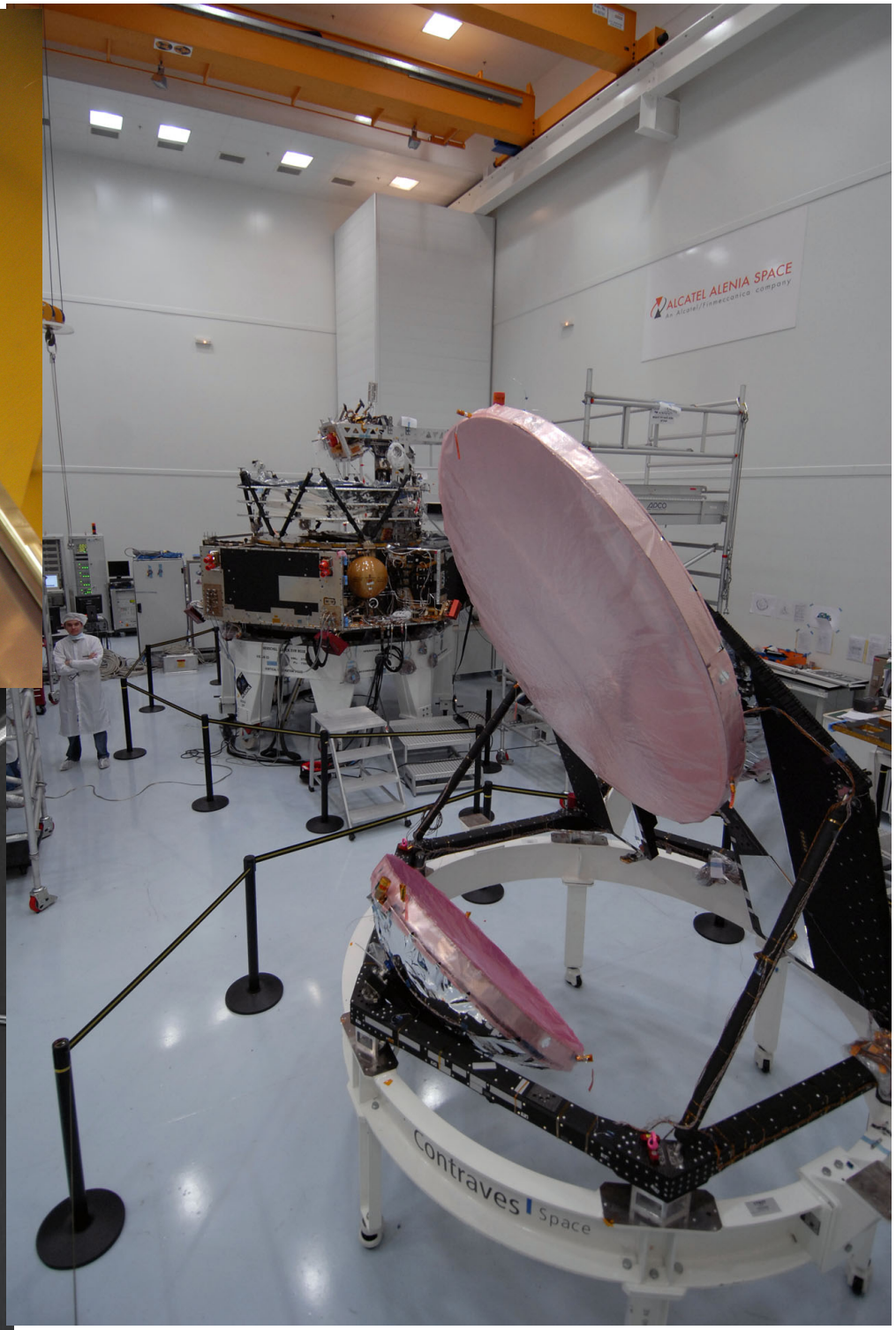

14 Maggio 2009
esa
arianr

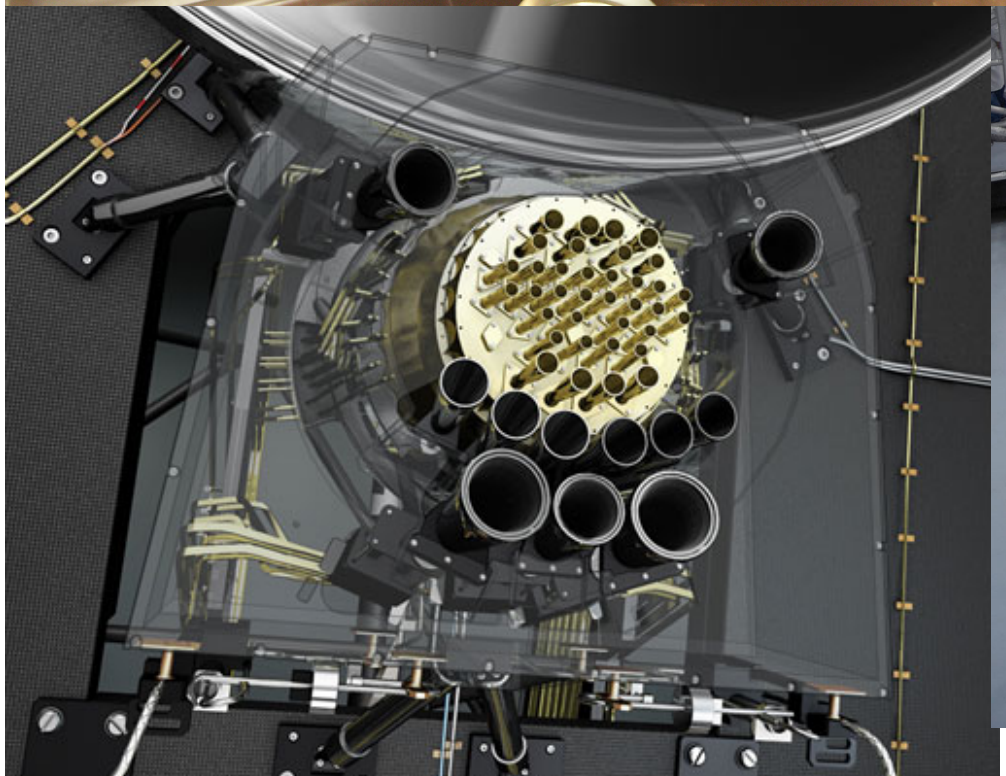


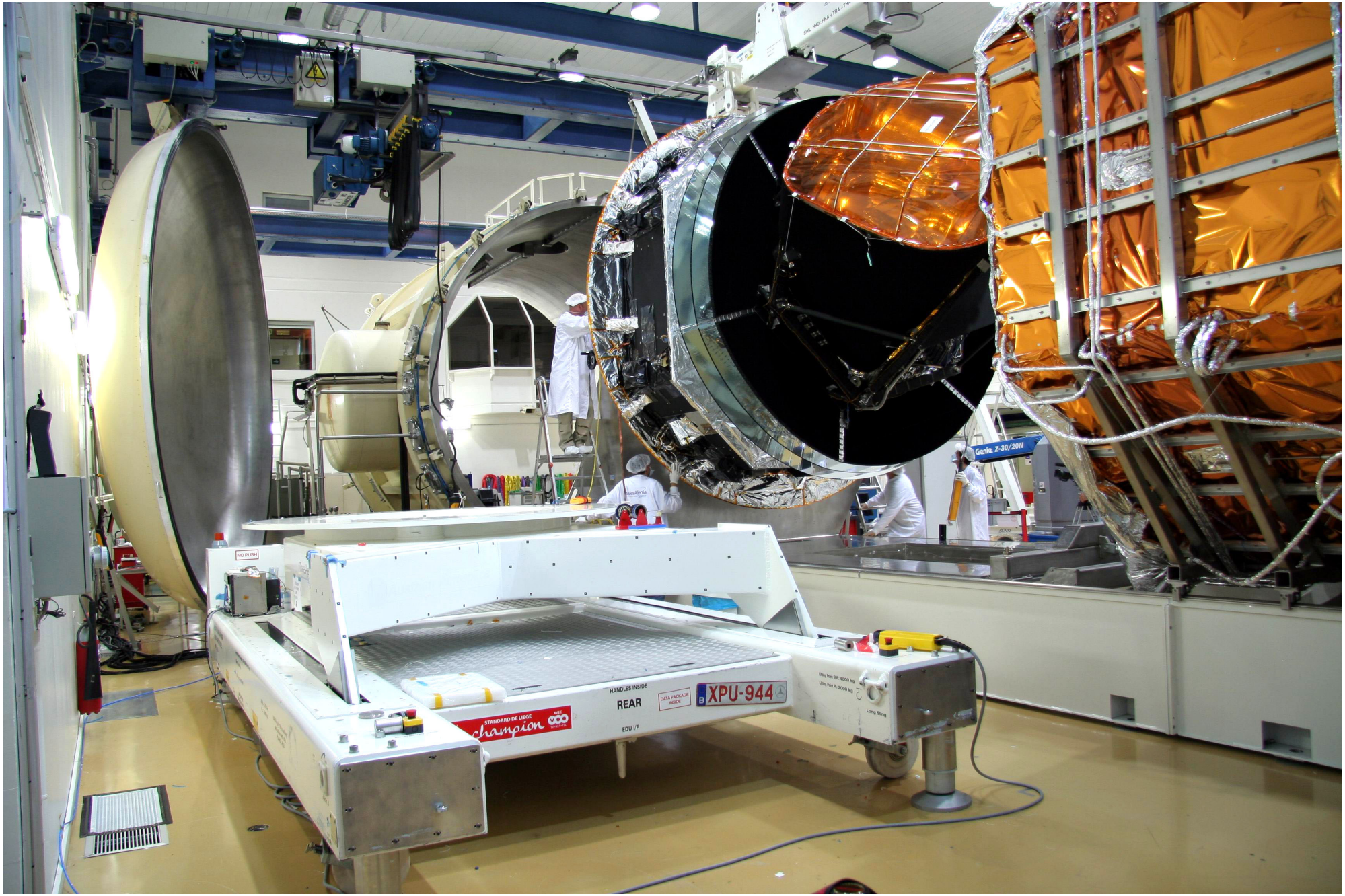
Telescopio fuori asse, diametro specchio principale 1.8 m

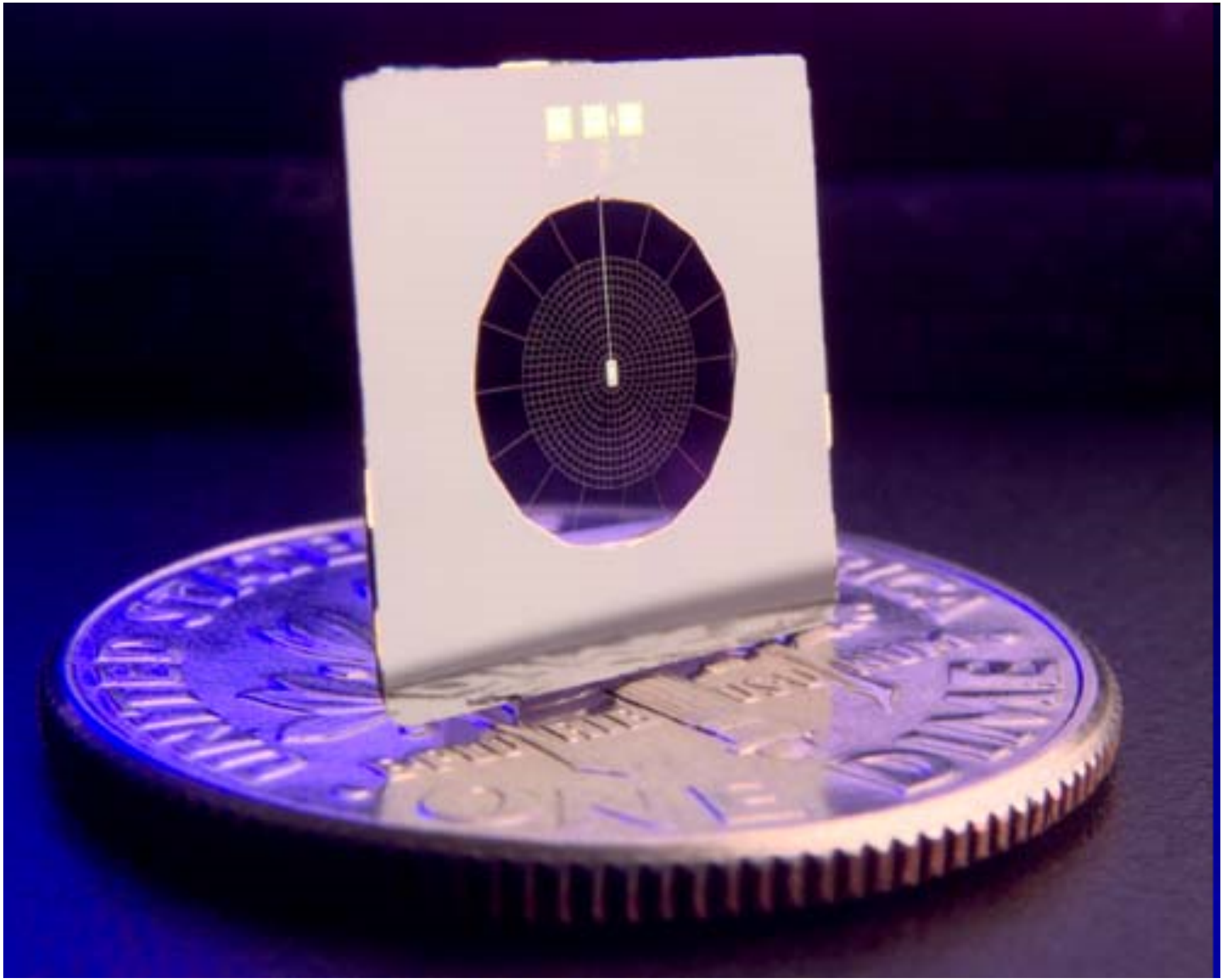


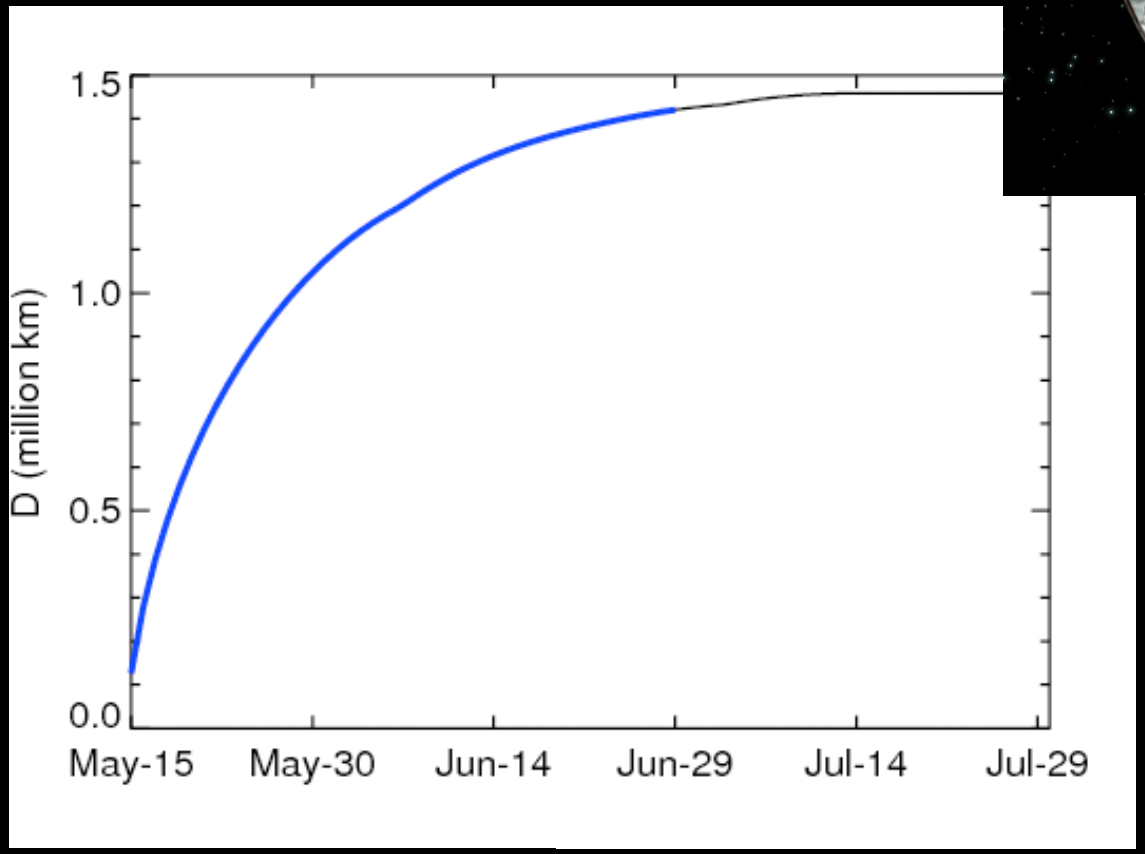



ALCATEL ALENIA SPACE
An Alcatel/Finmeccanica company
Contraves Space

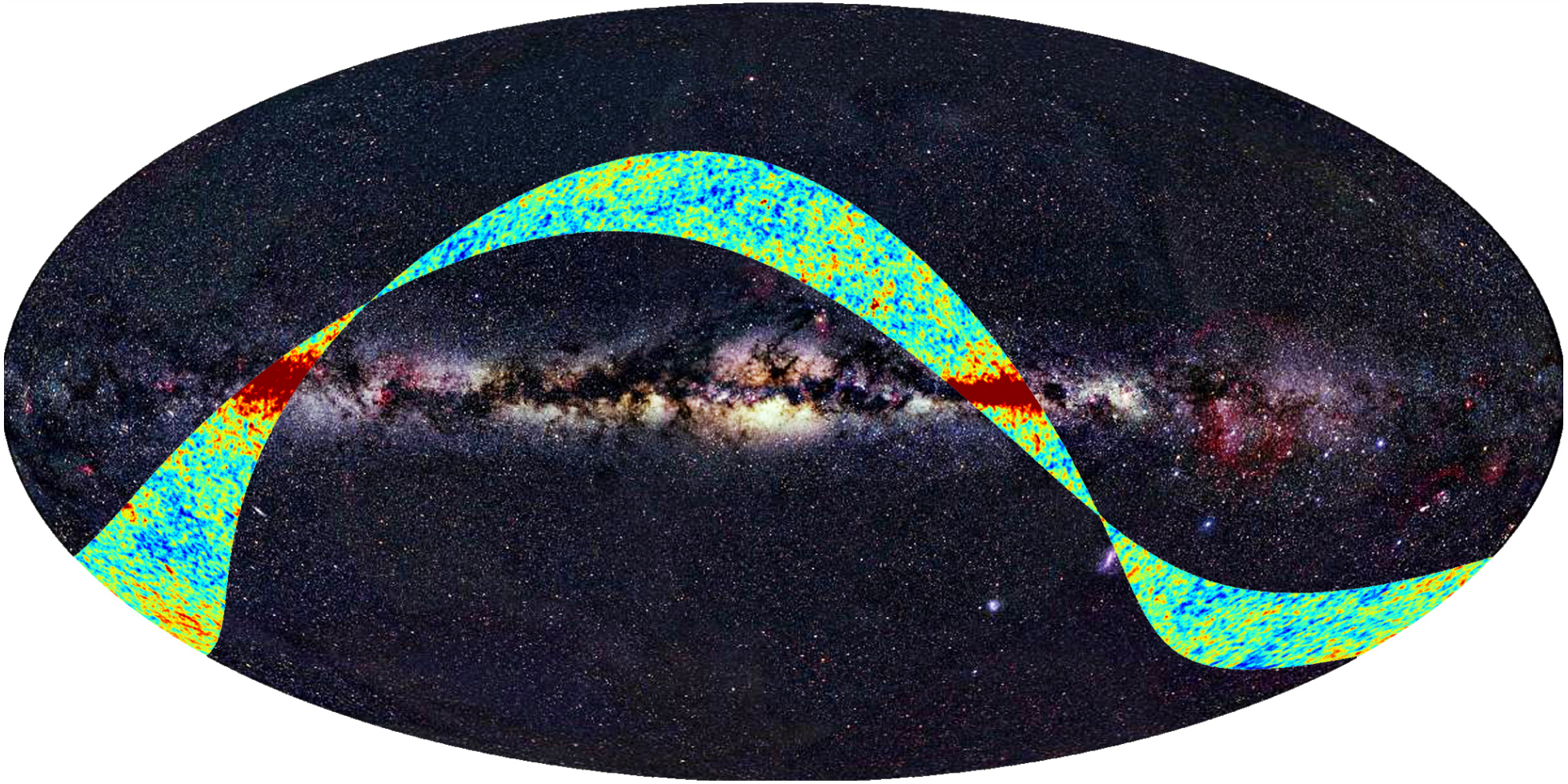



NO PUSH
HANDLES INSIDE
REAR
EDU I/F
DATA PACKAGE INSIDE
XPU-944
STANDARD DE LIEGE
champion
Genie Z-30/20N




1.5
1.0
0.5
0.0
D (million km)
May-15
May-30
Jun-14
Jun-29
Jul-14
Jul-29

The sky explored by Planck so far (First Light Survey, 2 weeks)

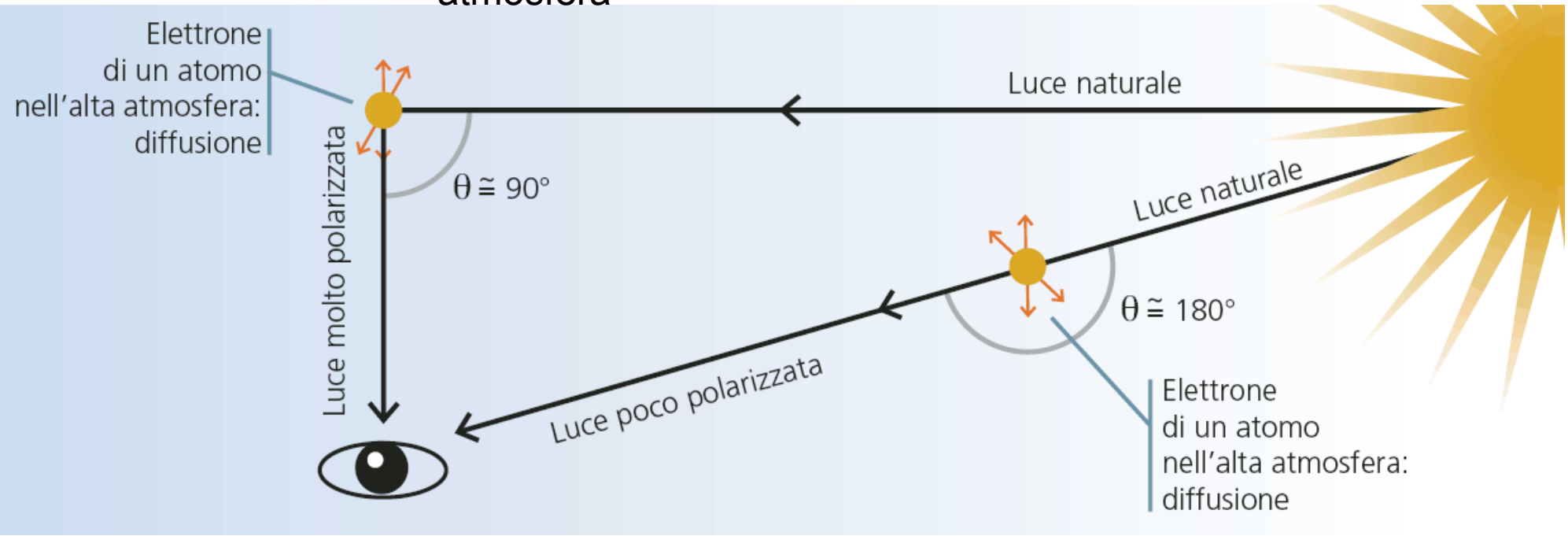


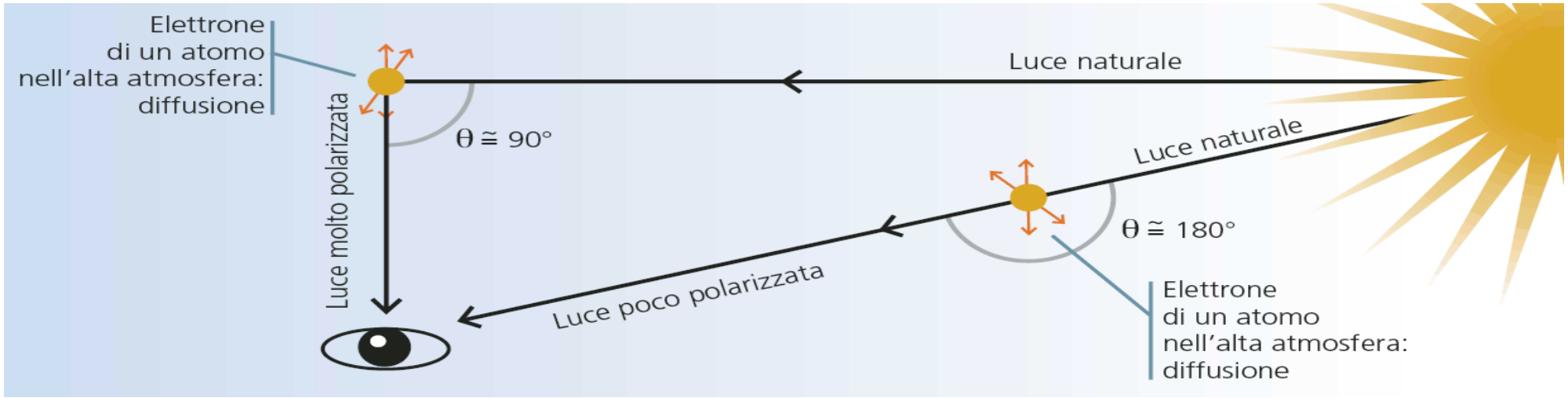
Polarizzazione della luce: direzione preferenziale di oscillazione del campo elettromagnetico

La luce blu del cielo è polarizzata

- La usavano i Vichinghi per trovare la rotta nei lunghi crepuscoli solare, usando la “pietra del sole”, lo spato d’ Islanda
- La usano le api per orientarsi e ritrovare l’ alveare
- La usiamo noi con i filtri polarizzatore quando si vogliono far risaltare le nubi contro il cielo blu

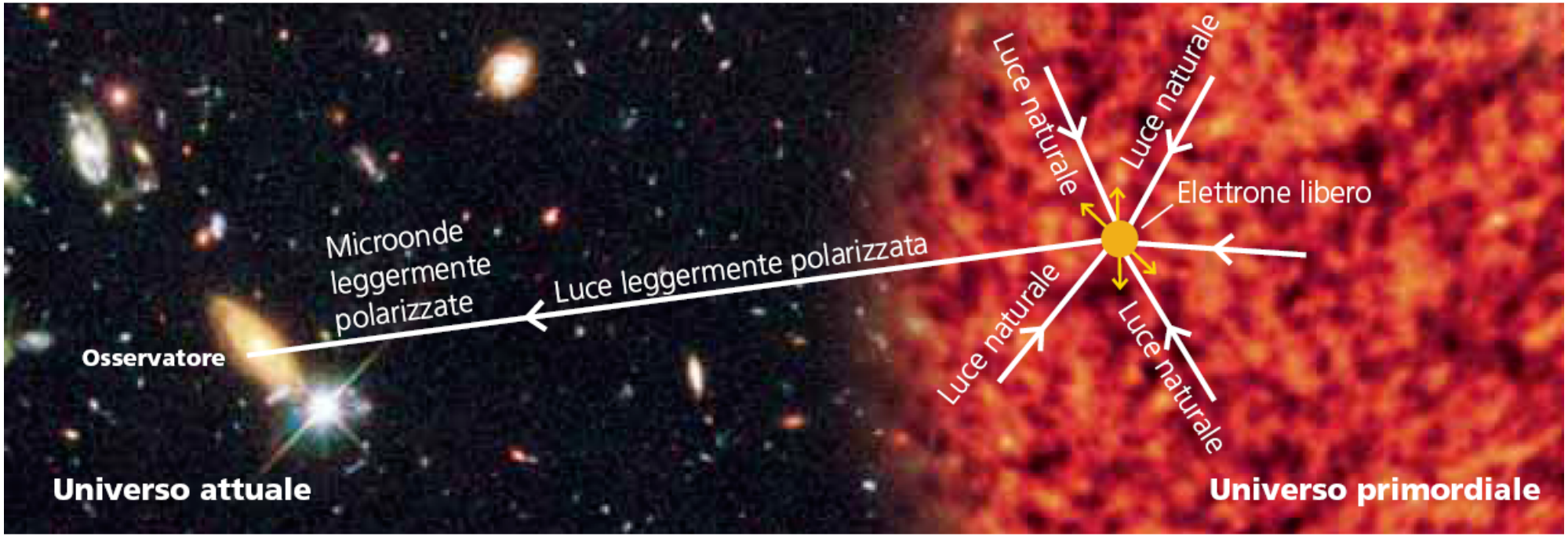
E’ polarizzata perché diffusa (deviata) dagli elettroni dell’ alta atmosfera

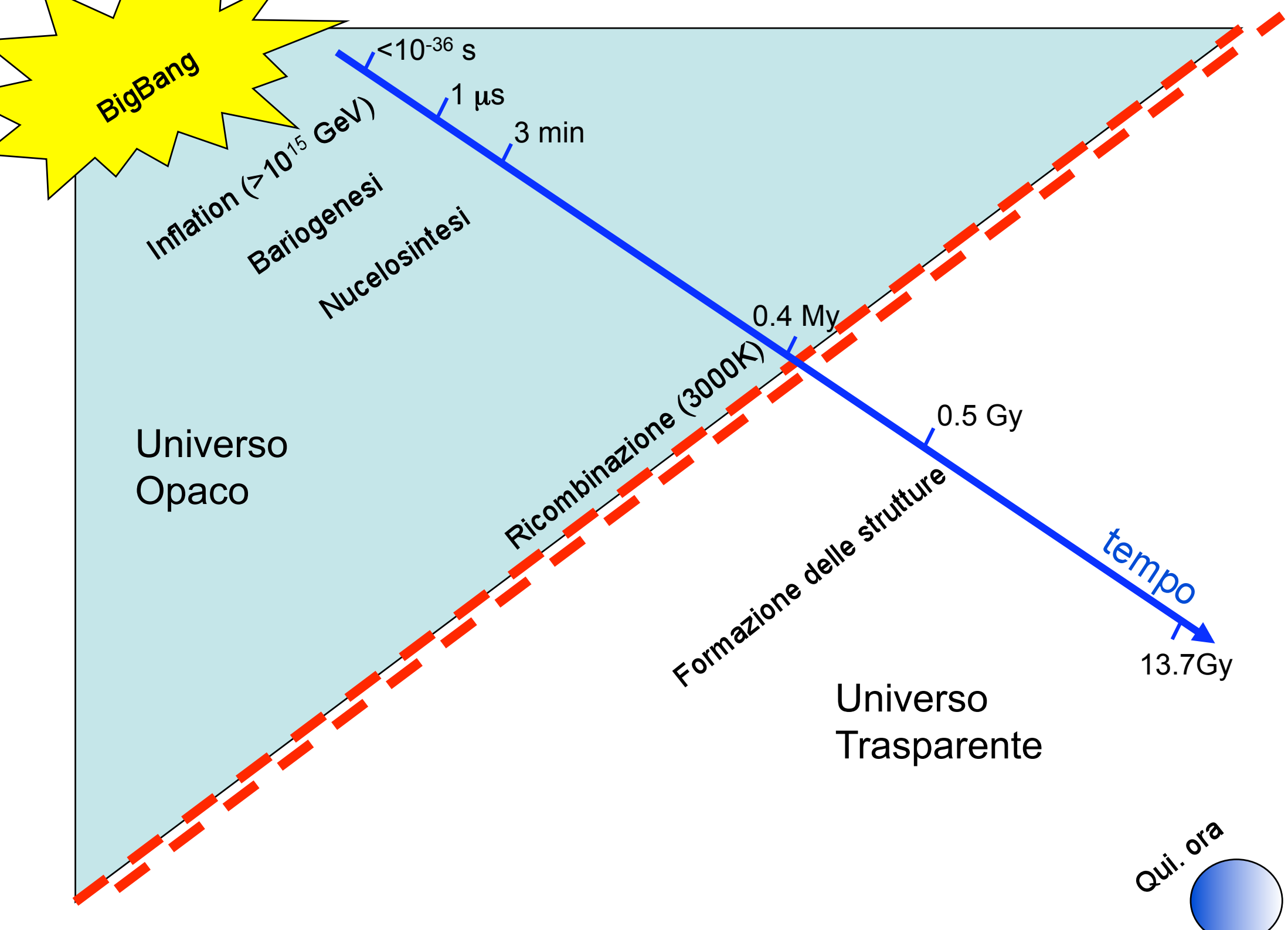


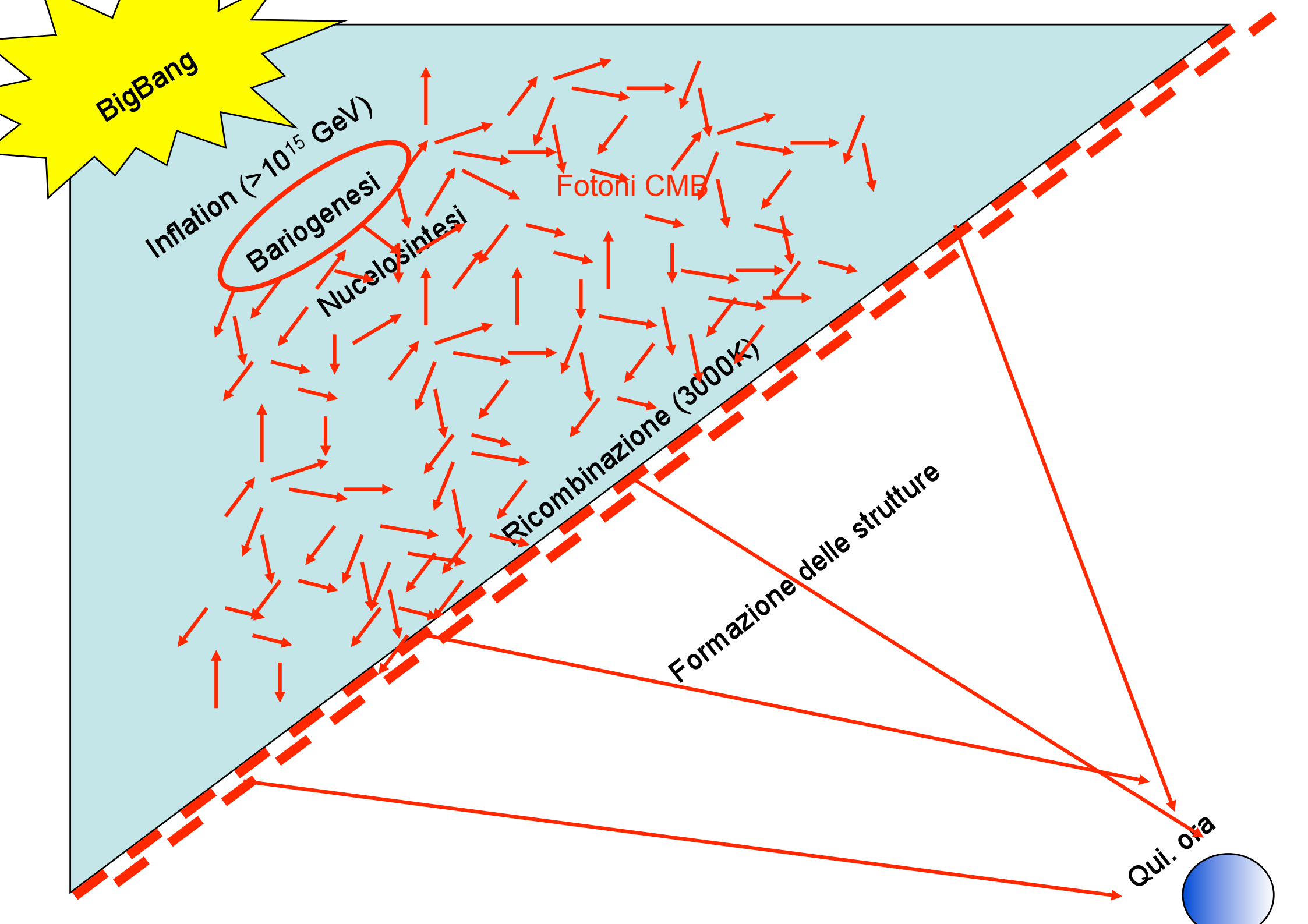


Per i fotoni che provengono dall' universo primordiale avviene un fenomeno simile: sono anche essi deviati dagli elettroni, e se il mezzo è inomogeneo, nasce una debole polarizzazione.

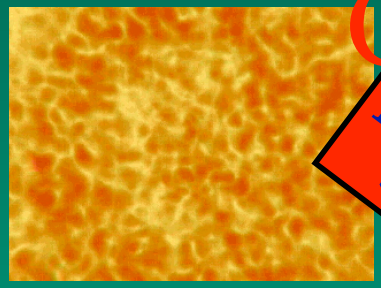
L' inomogeneità può essere dovuta a fluttuazioni di densità, ma anche alle onde gravitazionali prodotte dall' inflazione cosmica, se c'è stata.



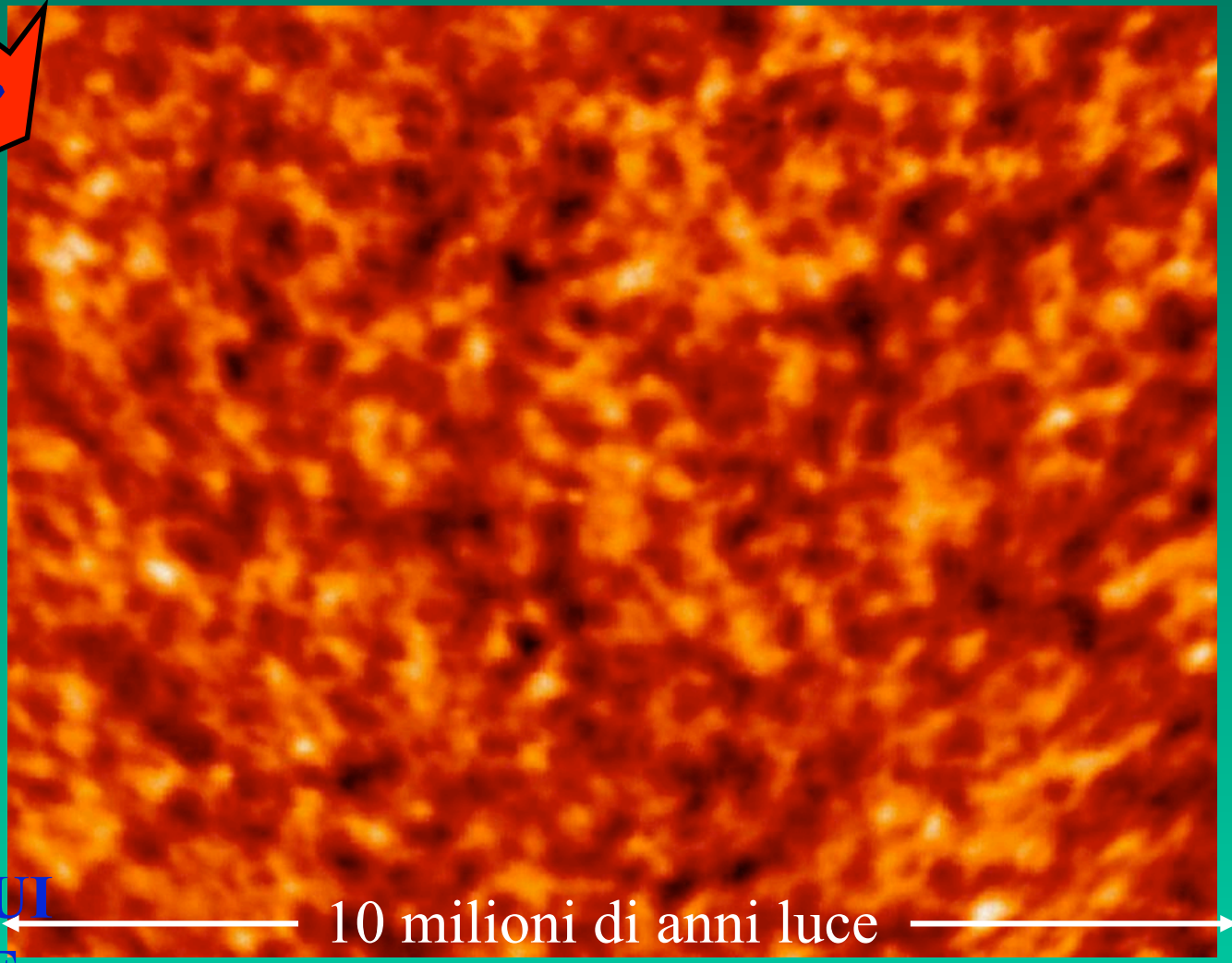

BigBang
<10-36 s
1 μs
3 min
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucelosintesi
0.4 My
Ricombinazione (3000K)
0.5 Gy
Formazione delle strutture
tempo
13.7Gy
Universo
Opaco
Universo
Trasparente
Qui. ora


BigBang
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucleosintesi
Fotoni CMB
Ricombinazione (3000K)
Formazione delle strutture
Qui. ora

Chi crea le strutture ? Inflation !



Transizione di fase



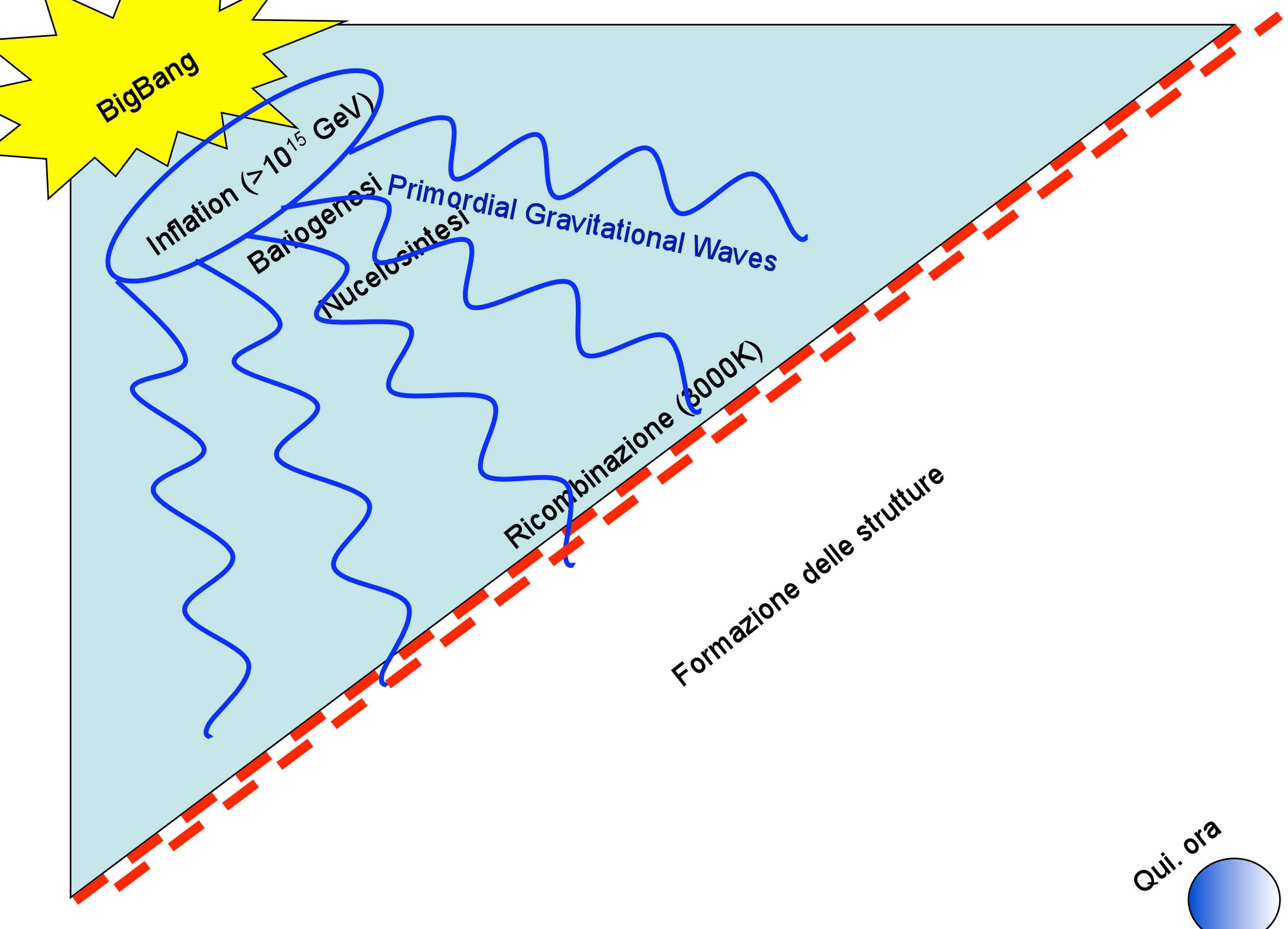
Dimensioni subatomiche
$T=10^{-32}s$
Fluttuazioni quantistiche
del brodo primordiale

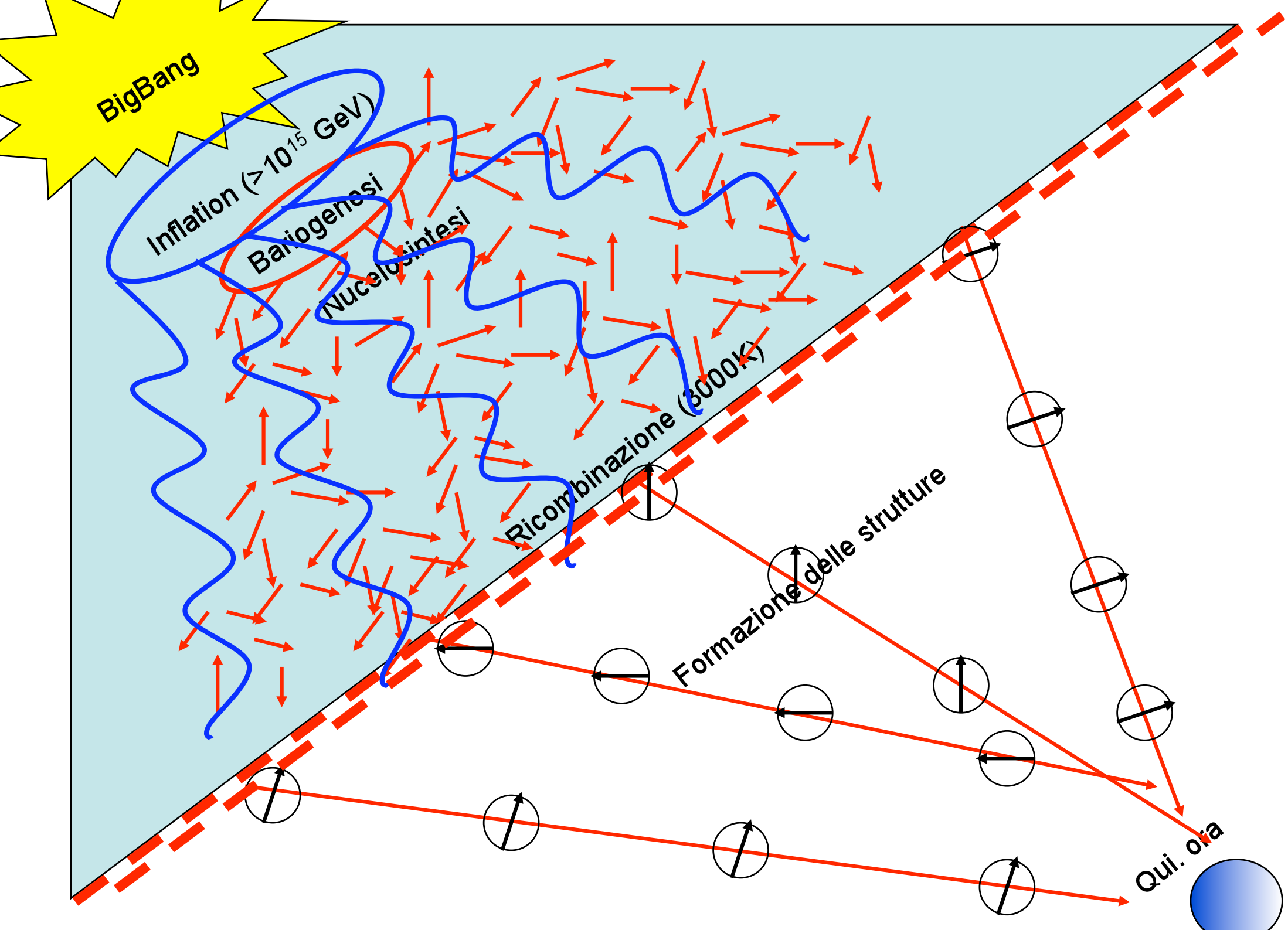
Energie tipiche:
10^{16} GeV
(100 milioni di miliardi
di milardi di eV)

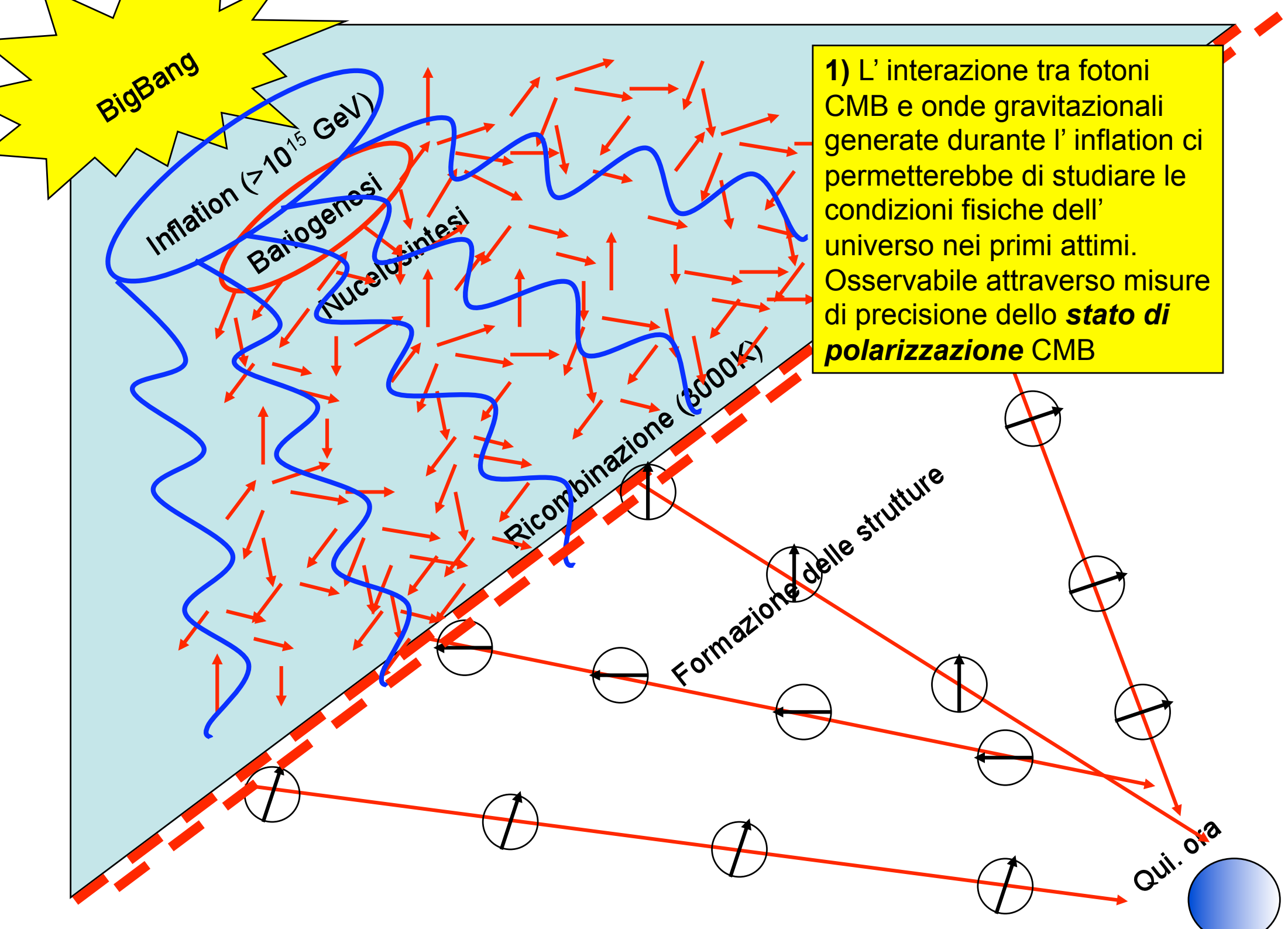
10 milioni di anni luce

T=300000 anni
Fluttuazioni di densita'
illuminate dalla luce del fondo cosmico

UNA FINESTRA SUI PRIMI ISTANTI E SULLA FISICA DELLE ALTISSIME ENERGIE


BigBang
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
(Nucelosintesi
Primordial Gravitational Waves
Ricombinazione (3000K)
Formazione delle strutture
Qui. ora


BigBang
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucleosintesi
Ricombinazione (3000K)
Formazione delle strutture
Qui, ora


BigBang
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucleosintesi
Ricombinazione (3000K)
Formazione delle strutture
Qui. ora
1) L' interazione tra fotoni CMB e onde gravitazionali generate durante l' inflation ci permetterebbe di studiare le condizioni fisiche dell' universo nei primi attimi. Osservabile attraverso misure di precisione dello stato di polarizzazione CMB

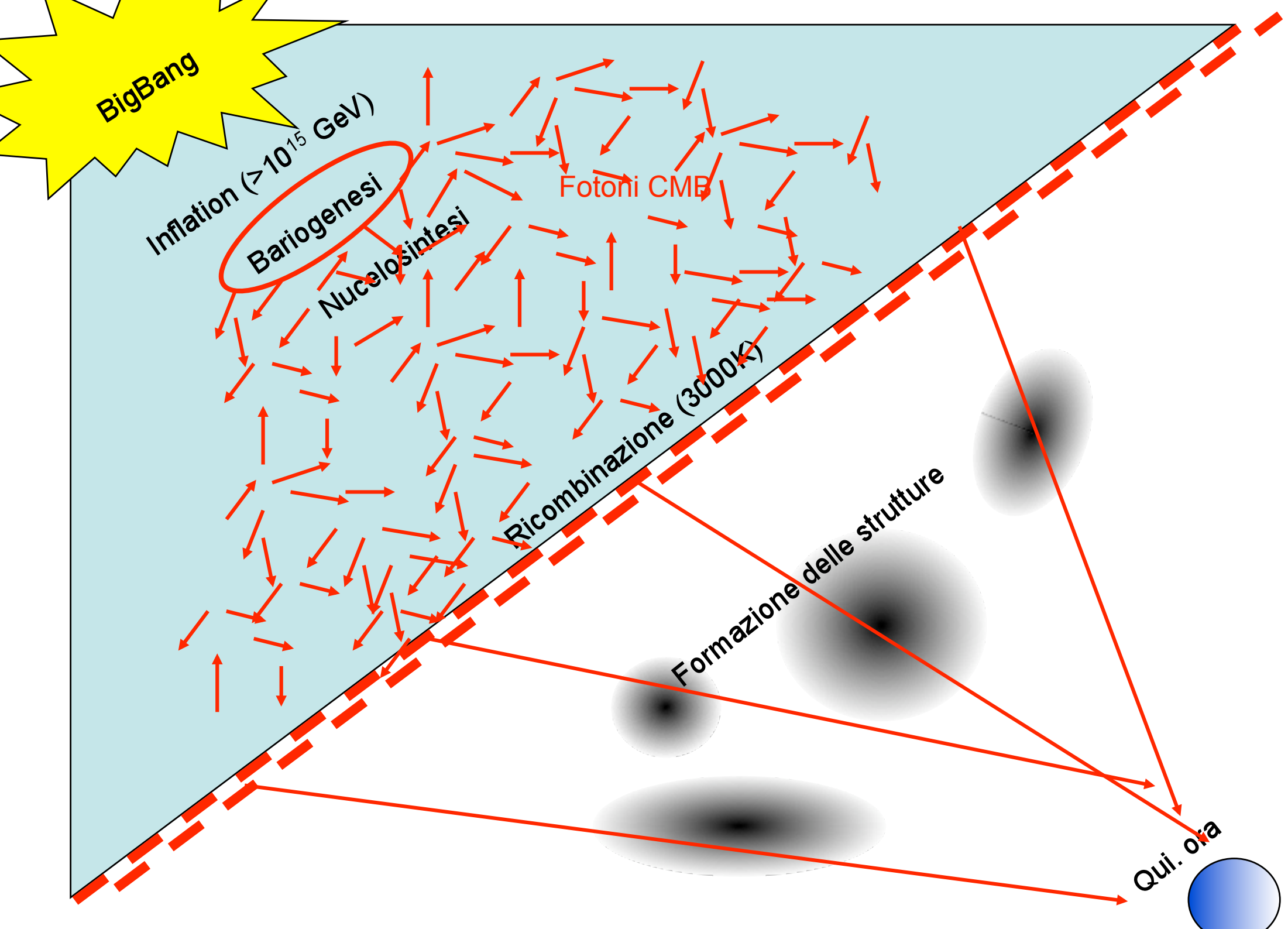
B-Pol

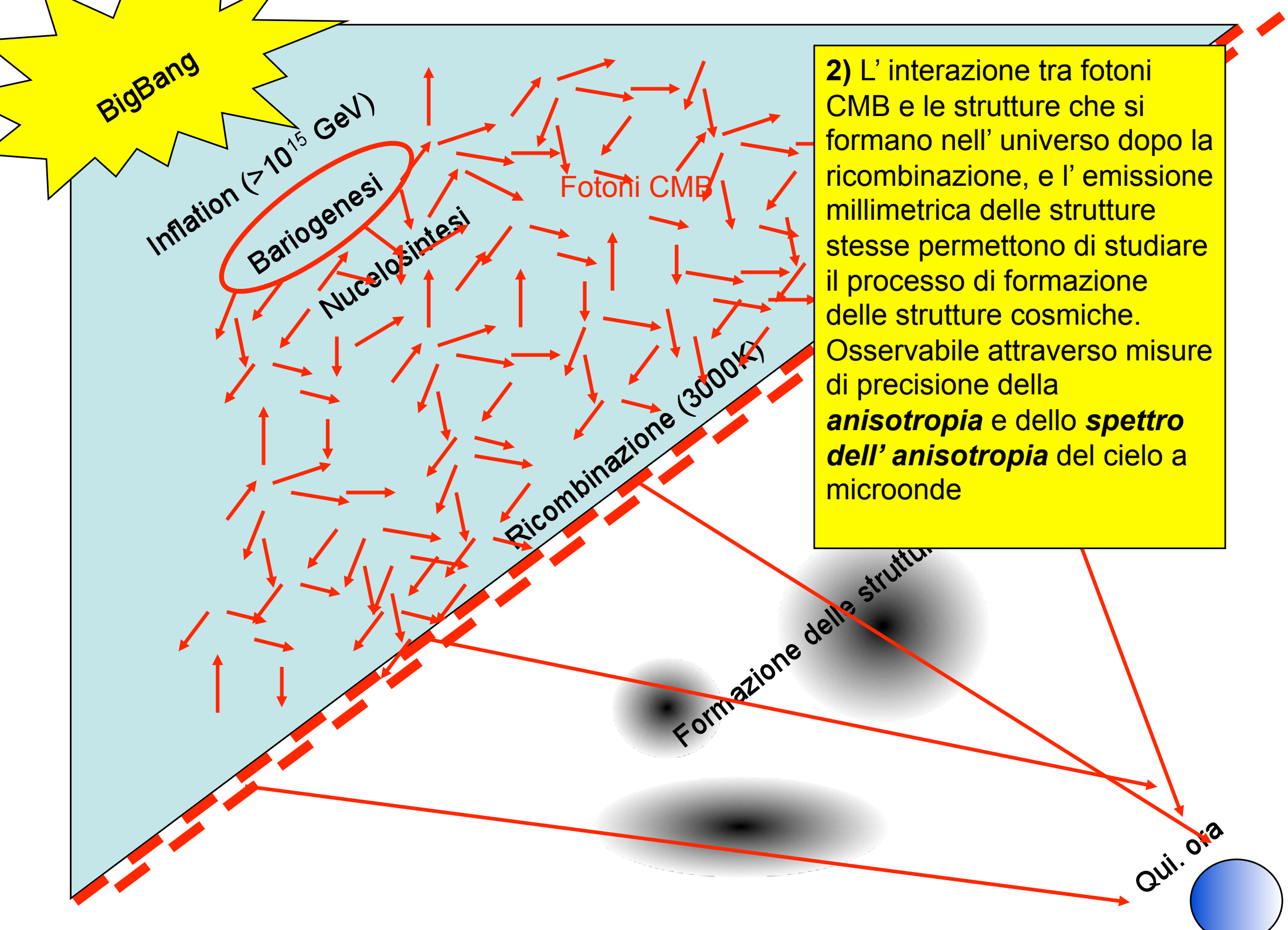
(www.b-pol.org)

- European proposal recently submitted to ESA (Cosmic Vision).
- ESA encourages the development of technology and resubmission for next round
- Detector Arrays development activities (KIDs in Rome, TES in Oxford, Genova etc.)
- A balloon-borne payload being developed with ASI (B-B-Pol).

Forse la polarizzazione del fondo cosmico a microonde ci svelerà cosa accadde nei primi attimi …

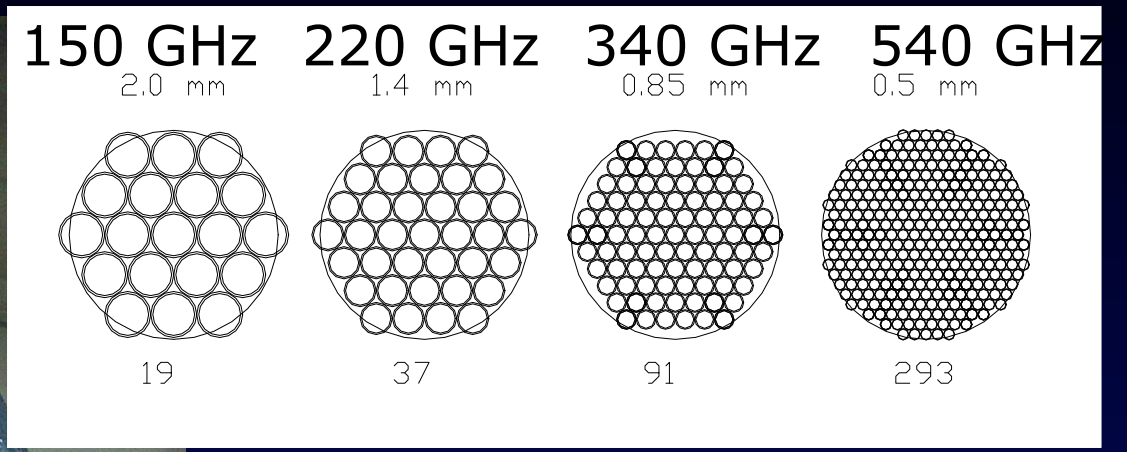
C’è ancora moltissimo da fare per arrivarci.


BigBang
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucleosintesi
Fotoni CMB
Ricombinazione (3000K)
Formazione delle strutture
Qui. ora


BigBang
Inflation (>10^15 GeV)
Bariogenesi
Nucleosintesi
Fotoni CMB
Ricombinazione (3000K)
Formazione delle strutt
Qui. ora
2) L' interazione tra fotoni CMB e le strutture che si formano nell' universo dopo la ricombinazione, e l' emissione millimetrica delle strutture stesse permettono di studiare il processo di formazione delle strutture cosmiche. Osservabile attraverso misure di precisione della anisotropia e dello spettro dell' anisotropia del cielo a microonde

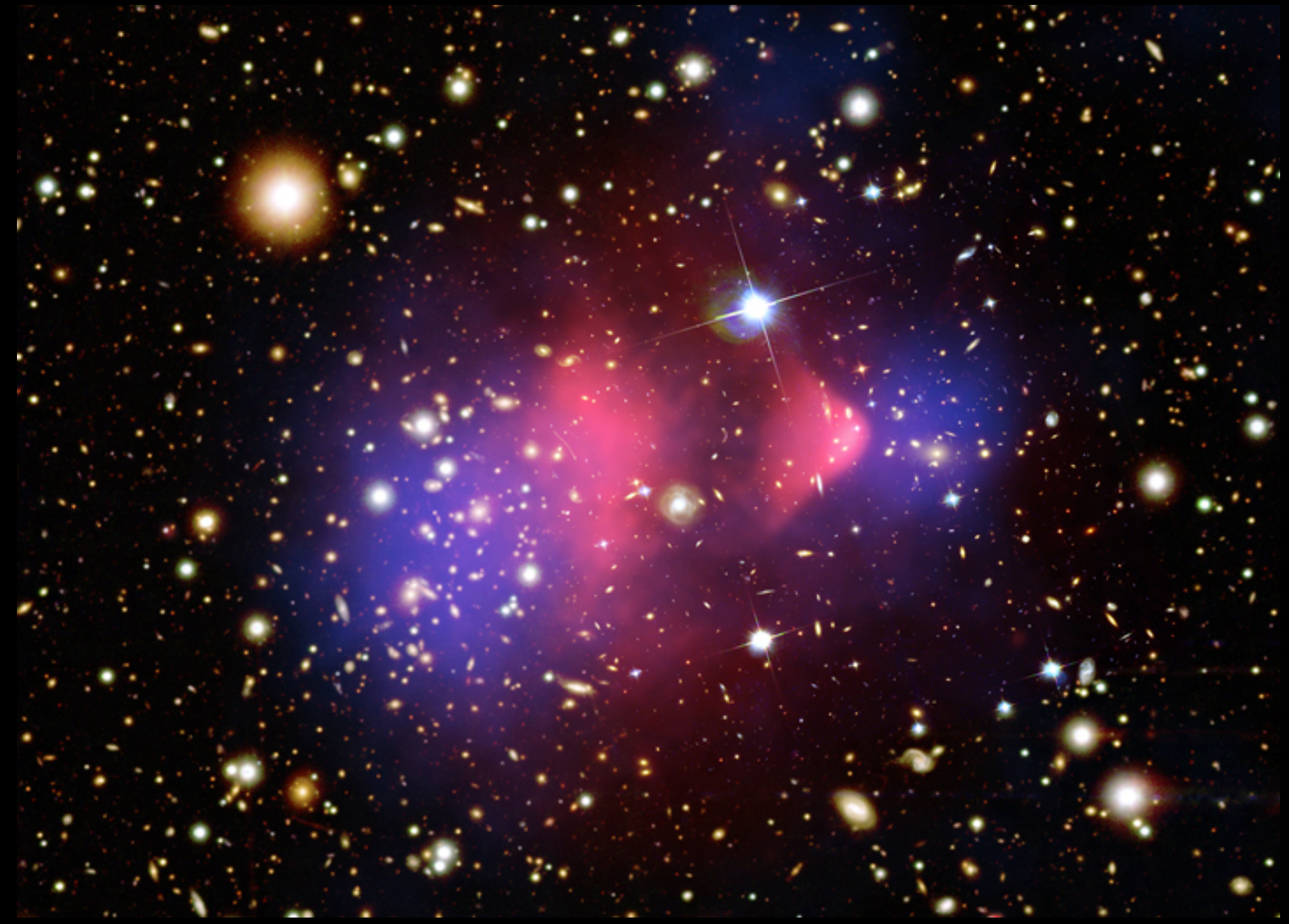
OLIMPO (PI S. Masi, La Sapienza, Roma)

- Una missione da pallone dedicata agli ammassi di galassie



Oppure ammassi speciali …

1E0657-56



7.5 ’

Lo studio del fondo cosmico a microonde
Ci può dare informazioni sulla materia oscura…
ma LHC potrebbe vederla direttamente !