

Accademia delle Stelle

Corso di Astronomia

Lezione # ∞
l'Universo



Quasar e galassie attive



Un quasar (contrazione di QUASI-stellAR radio source, cioè "radiosorgente quasi stellare")
è un nucleo galattico attivo estremamente luminoso e generalmente molto distante dalla
Terra (dell'ordine dei miliardi di anni luce)



Un quasar (contrazione di QUASi-stellAR radio source, cioè "radiosorgente quasi stellare") è un nucleo galattico attivo estremamente luminoso e generalmente molto distante dalla Terra (dell'ordine dei miliardi di anni luce)

Osservati per la prima volta all'inizio degli anni Sessanta come sorgenti radio, mostravano righe spettrali in emissione fortemente spostate verso il rosso. Se fosseipeso dalla distanza, avrebbero dovuto essere enormemente luminosi (dell'ordine di $10^{13} L_{\odot}$)
→ forte dibattito tra gli scienziati

Inoltre la loro rapida variabilità indicava che si trattava di oggetti "piccoli" (al massimo grandi qualche giorno luce).

Tra le varie proposte: oggetti vicini, galassie di antimateria, buchi bianchi.

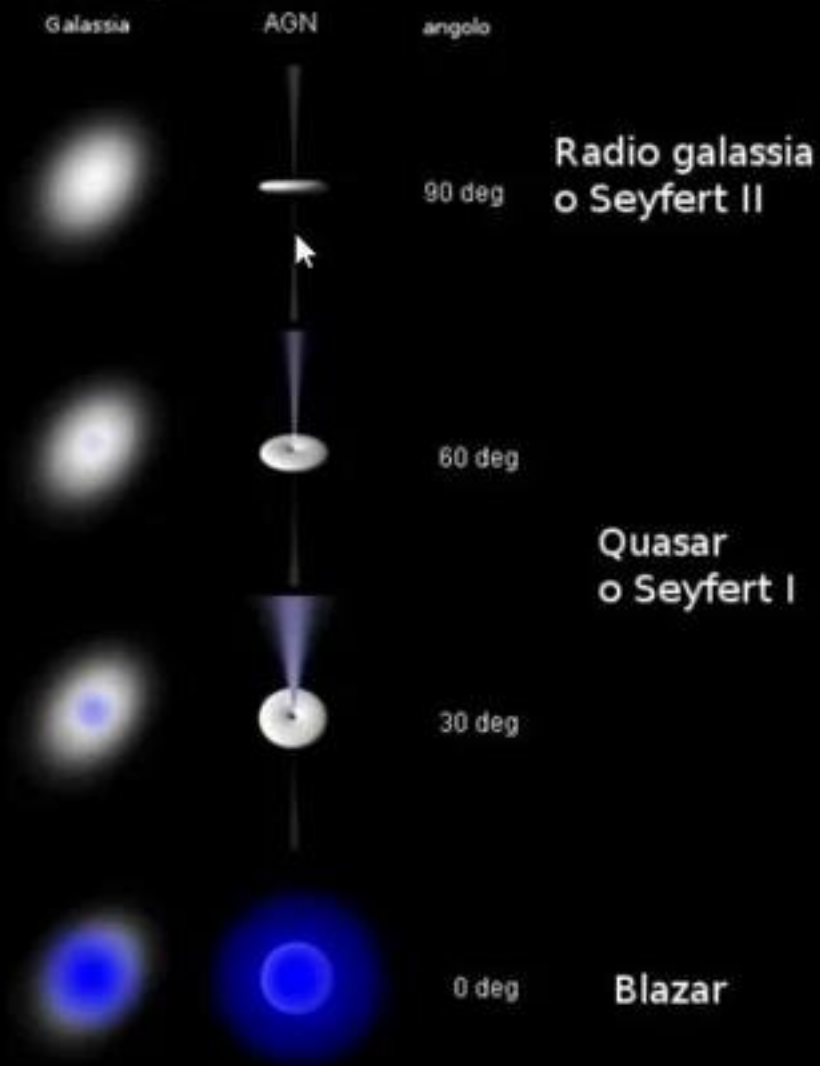
Sono stati per decenni gli oggetti più distanti conosciuti.

Oggi sappiamo che si tratta dell'emissione collimata da parte di buchi neri supermassicci nel nucleo di galassie dell'universo giovane (quindi molto distanti da noi).

Quasar (*quasi-stellar radio sources*) e galassie attive: il *Modello Unificato*

- Molte galassie contengono un buco nero al loro centro. Se sul BN sta precipitando materia, questo si dice *attivo* (altrimenti *quieto*).
- Tali galassie si chiamano AGN (*Active Galaxy Nuclei*), galassie con nucleo attivo
- Sono i corpi più luminosi dell'universo (10^{13} volte il Sole) e possono essere osservati a distanze cosmologiche.
- Se ne conoscono 200.000 a redshift compresi tra 0.056 e 7 (da 600 milioni a 12,9 miliardi di anni luce)
- Possono essere luminose nelle onde radio (radiogalassie) e accompagnati da getti assiali con "lobi"

Proprietà osservate dei getti
ed angolo di vista



Quasar J0313-1806

Most distant quasar to date.

1000 times more luminous than the Milky Way
— more than ten trillion times as luminous as our Sun.

Accretion disk

Swirling superheated disk around the supermassive black hole, shedding energy across the electromagnetic spectrum

Host galaxy

Undergoing a spurt of star formation, producing new stars 300 times faster than the Milky Way

Wind outflow

Speed 20% of the speed of light

Supermassive black hole

1.6 billion times as massive as the Sun

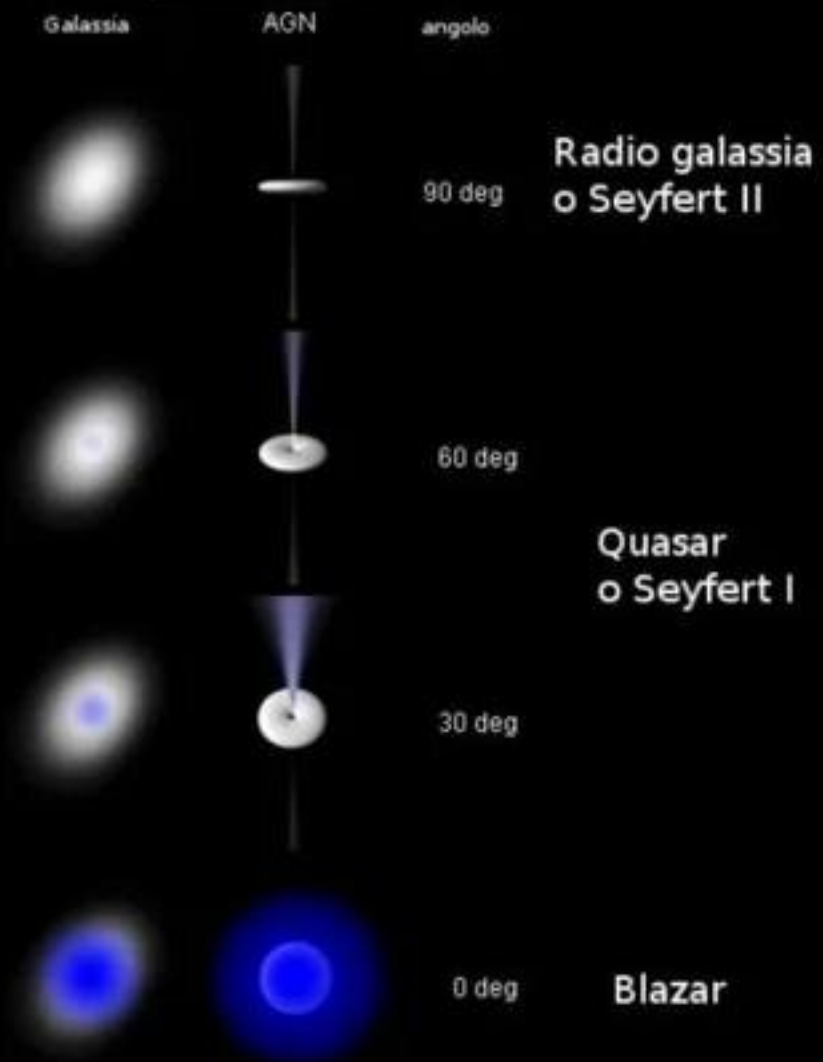




Quasar (*quasi-stellar radio sources*) e galassie attive: il *Modello Unificato*

- Molte galassie contengono un buco nero al loro centro

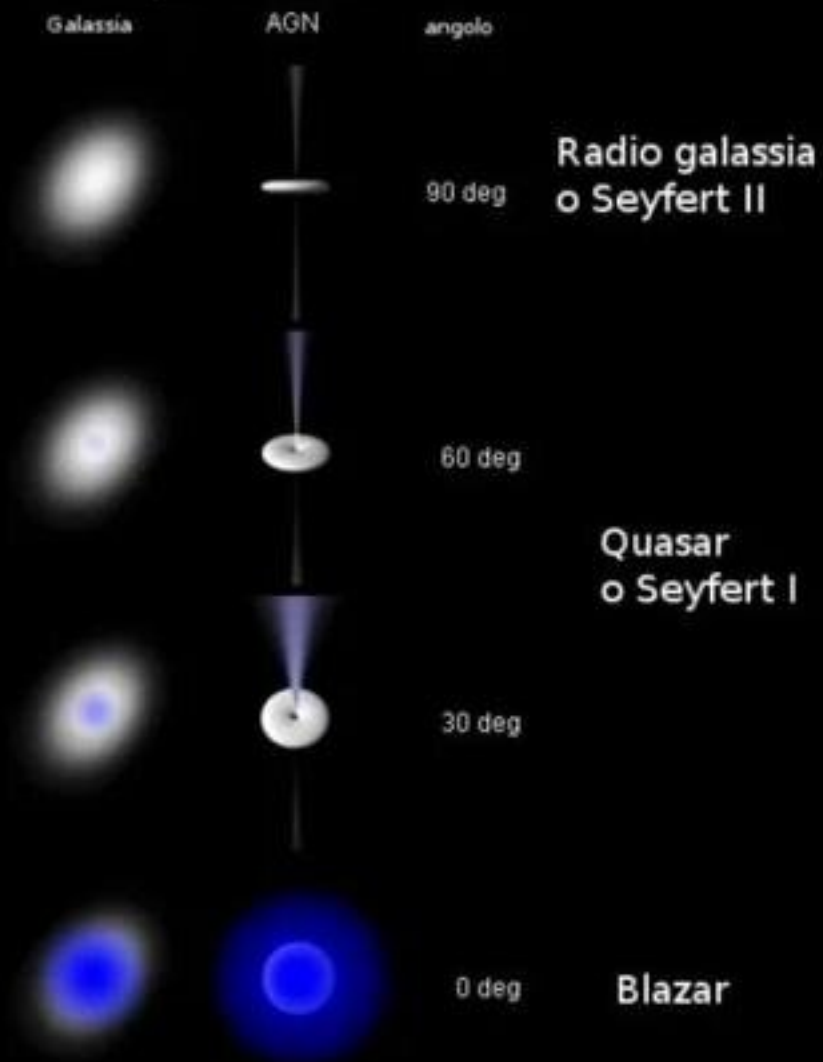
Proprietà osservate dei getti
ed angolo di vista

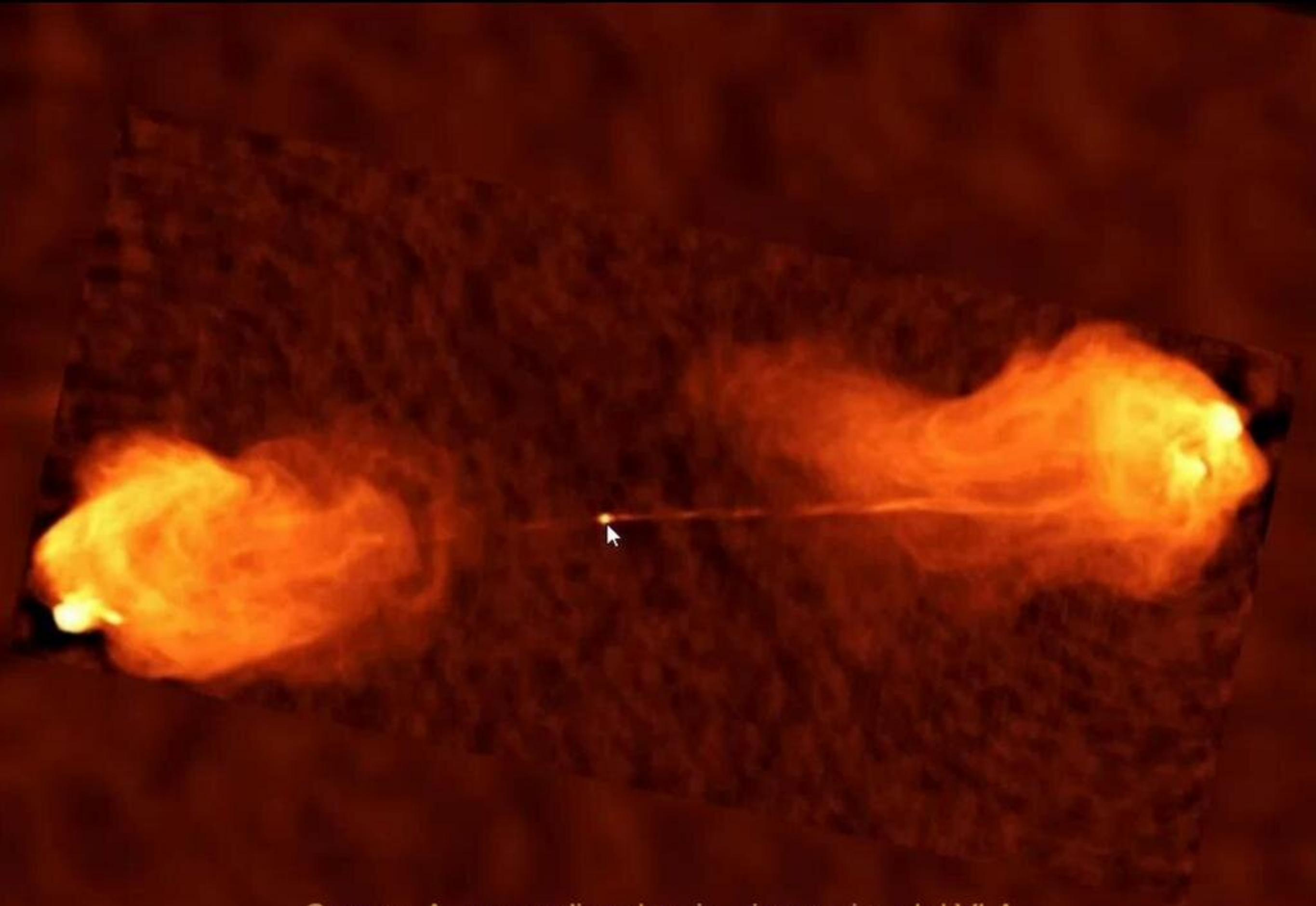


Quasar (*quasi-stellar radio sources*) e galassie attive: il *Modello Unificato*

- Molte galassie contengono un buco nero al loro centro. Se sul BN sta precipitando materia, questo si dice *attivo* (altrimenti *quieto*).
- Tali galassie si chiamano AGN (*Active Galaxy Nuclei*), galassie con nucleo attivo

Proprietà osservate dei getti
ed angolo di vista





Cygnus A, una radiogalassia - immagine del VLA



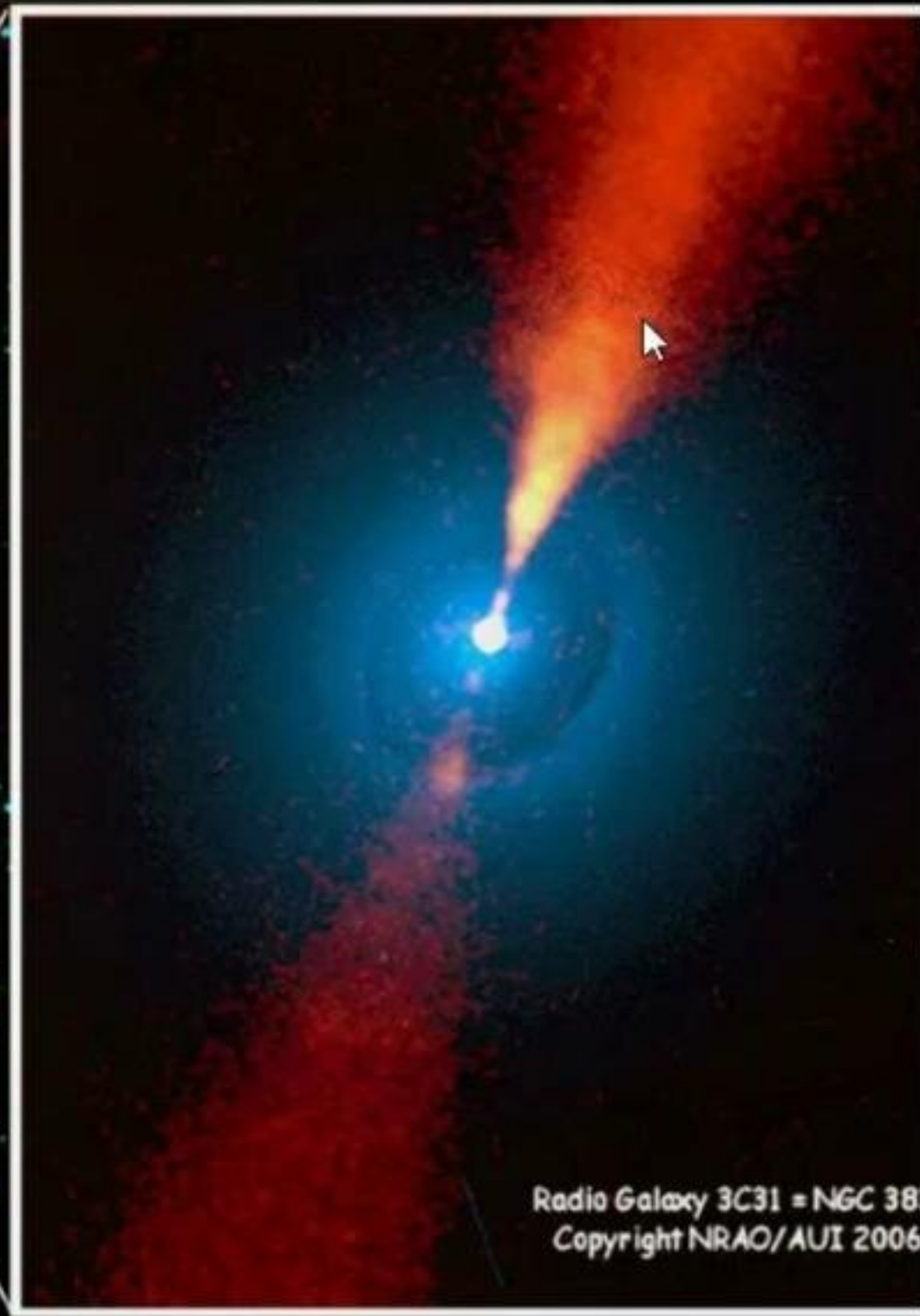
Cygnus A, una radiogalassia - immagine del VLA



Cygnus A in multi banda: Blu (X) da Chandra,
Rosso (radio) dal VLA, ottico da Hubble.e DSS



Radio Galaxy 3C31
NGC 383

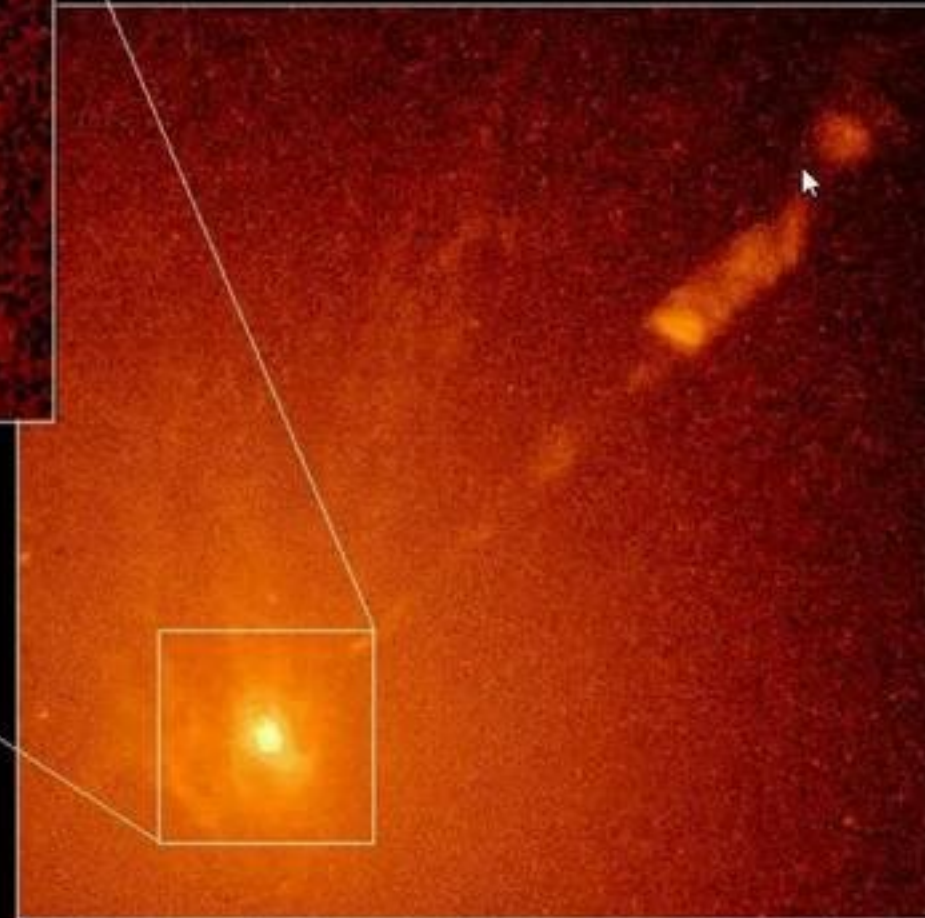


Radio Galaxy 3C31 = NGC 383
Copyright NRAO/AUI 2006

NGC 383, radiogalassia lenticolare AGN al centro di un gruppo di galassie nei PSC



Gas Disk in Nucleus of Active Galaxy M87

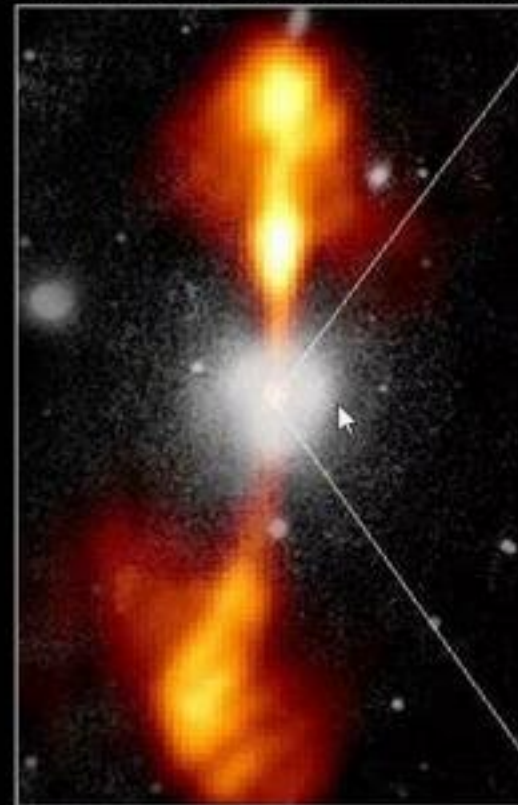


Hubble Space Telescope
Wide Field Planetary Camera 2



The Conventional View

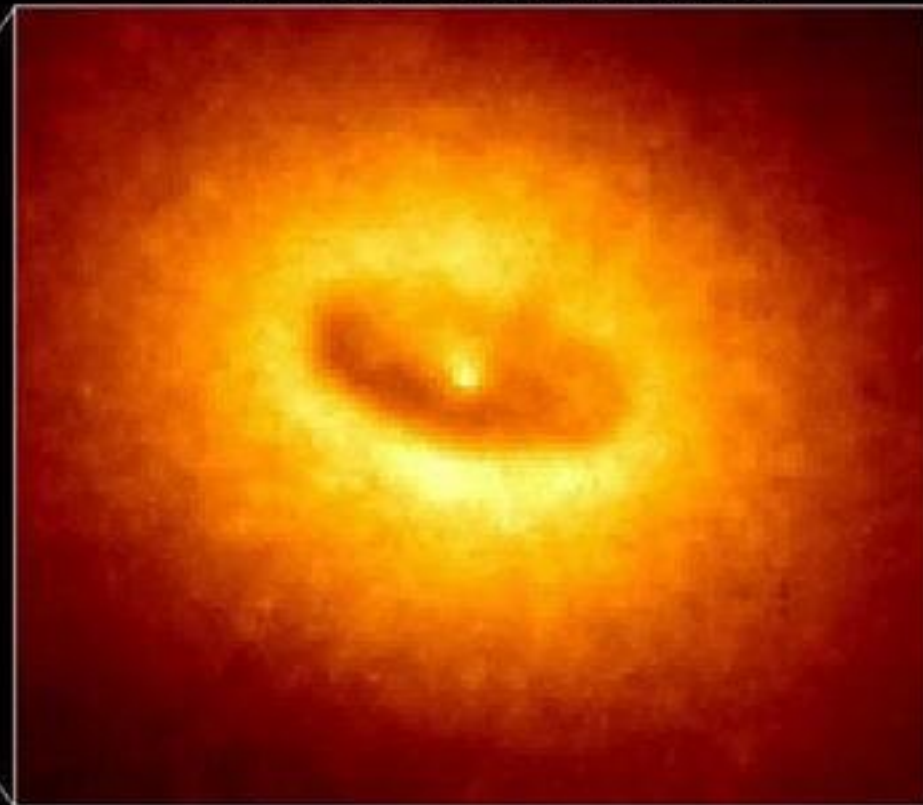
Ground-Based Optical/Radio Image



380 Arc Seconds
88,000 LIGHTYEARS

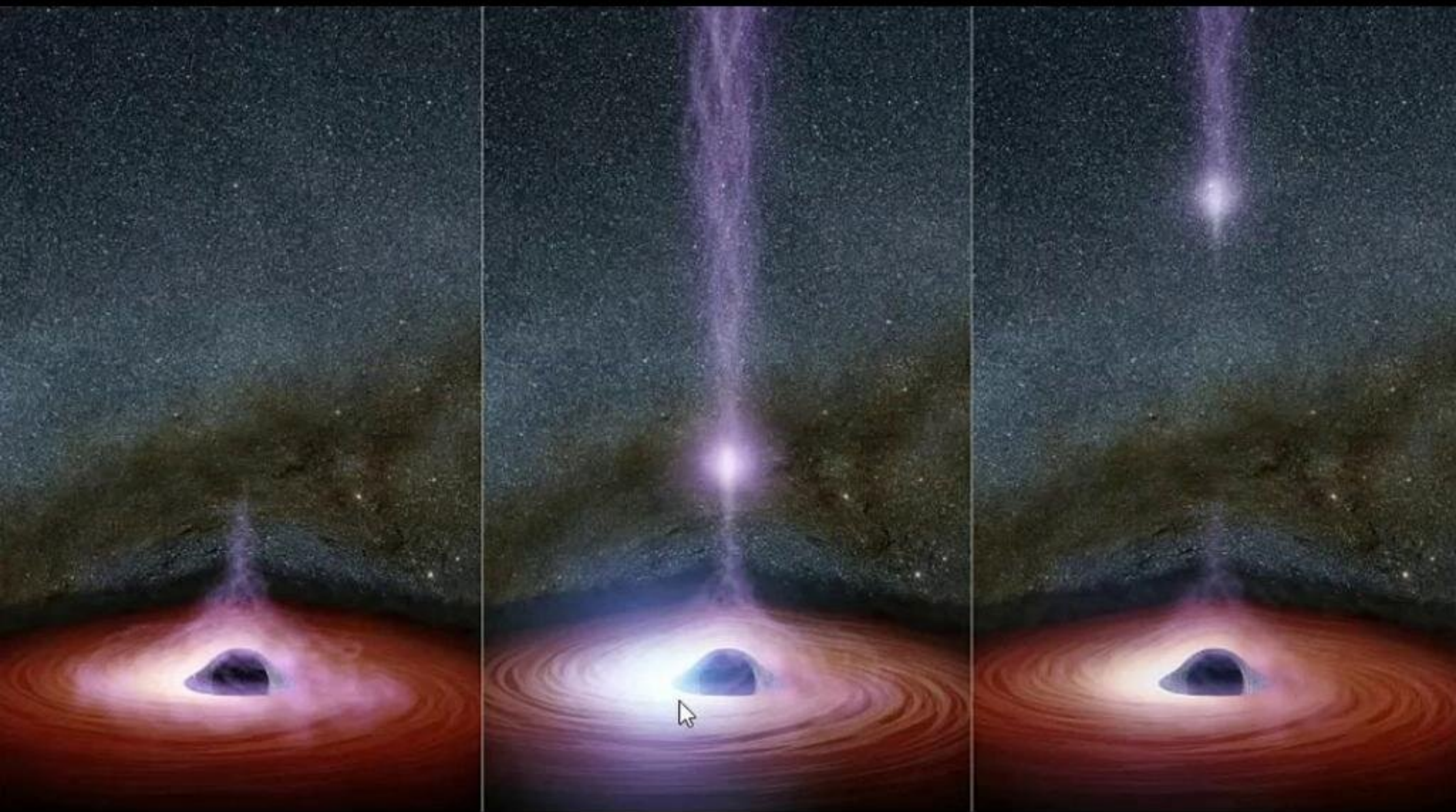
Hubble Space Telescope View

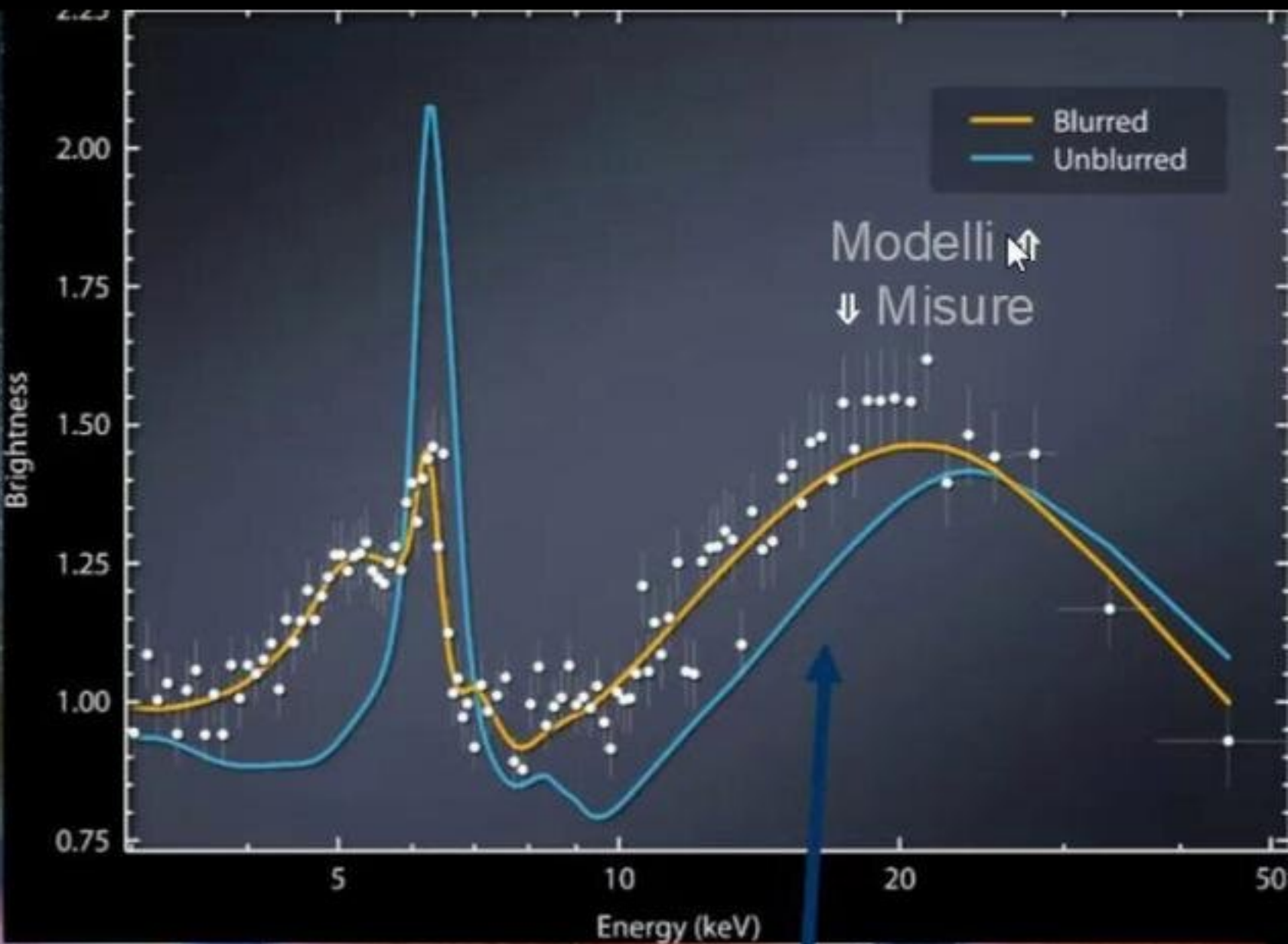
HST Image of a Gas and Dust Disk



NGC 4261

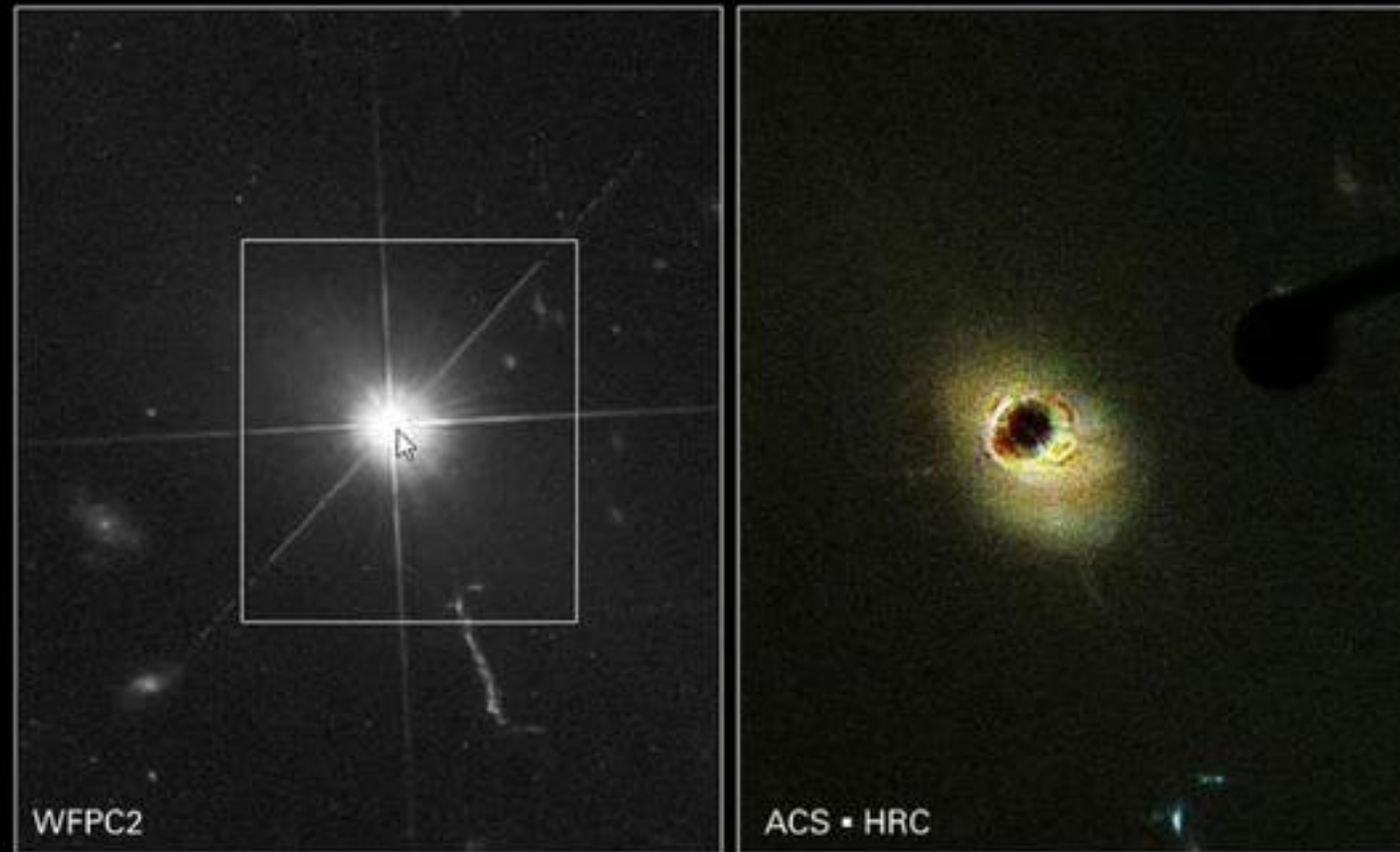


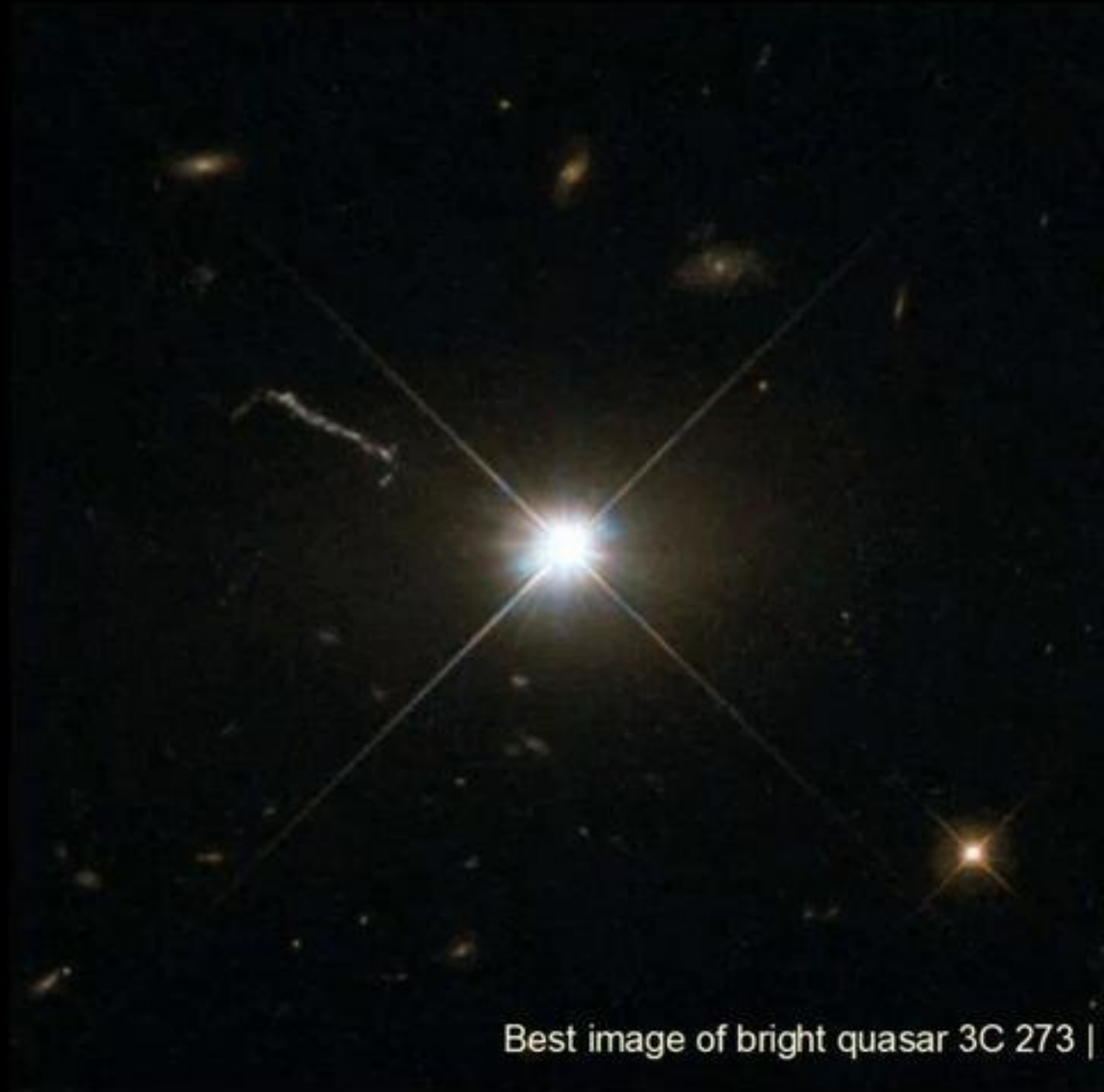




Emissione "flare" del 2017 da Markarian 335, galassia di Seyfert con buco nero supermassiccio. Dista 324 milioni di anni luce nel Pegaso e appare come una stella. Possiede una corona di particelle relativistiche luminose ai raggi X. È stato osservato il riflesso dell'emissione della corona sul disco di accrescimento, e ha

Un quasar visto dal telescopio Hubble: solo occultandone il nucleo è possibile intravedere la struttura della galassia ospitante (**3C 273**):





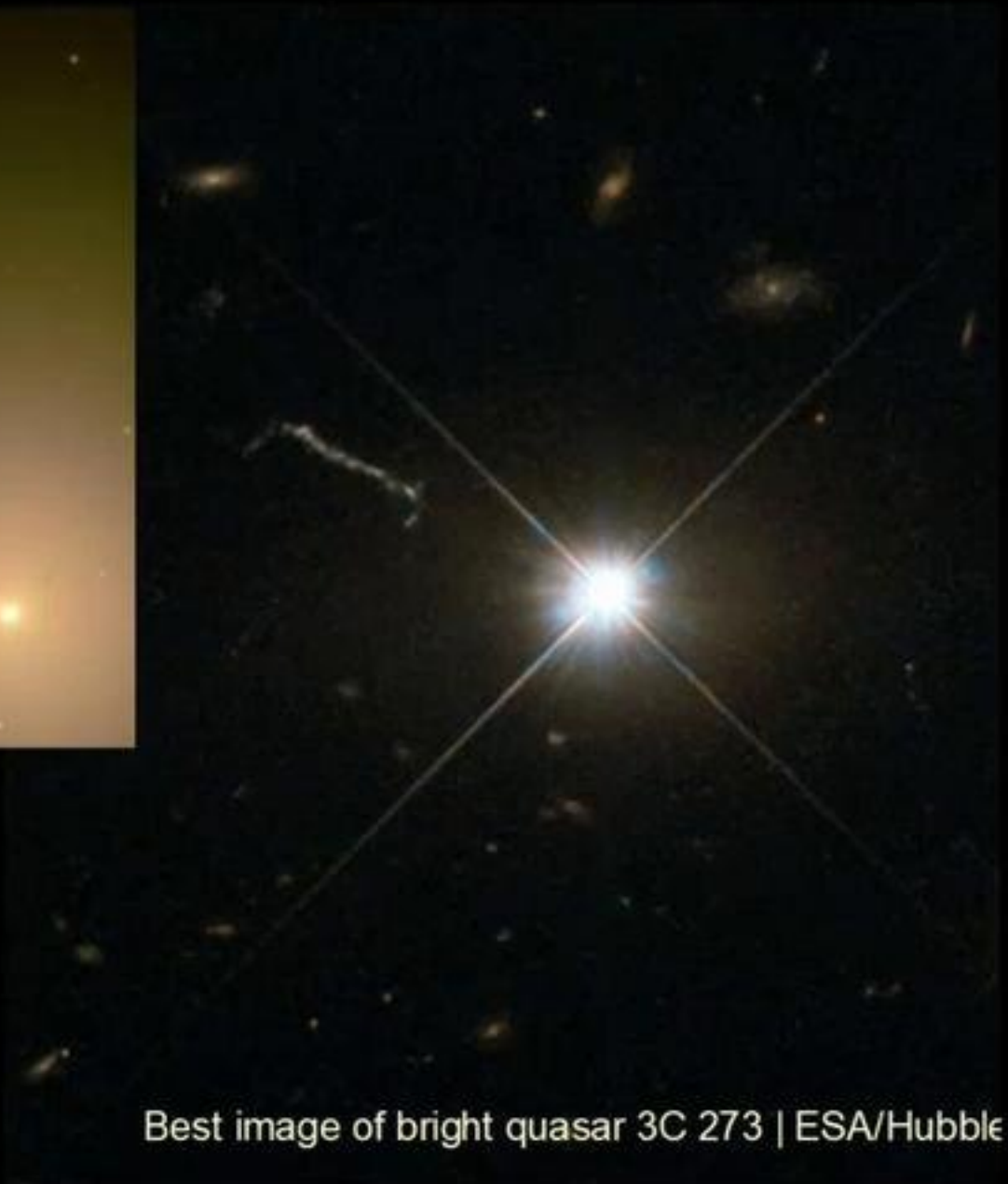
Best image of bright quasar 3C 273 | ESA/Hubble



Best image of bright quasar 3C 273 | ESA/Hubble



Per confronto, il getto di M87



Best image of bright quasar 3C 273 | ESA/Hubble

Gli AGN sono così luminosi da poter essere osservati anche a distanze enormi → si possono usare per indagare l'universo remoto (ovvero l'universo primordiale)

È sempre esistita una “gara” a osservare galassie sempre più lontane.

Gli AGN sono così luminosi da poter essere osservati anche a distanze enormi → si possono usare per indagare l'universo remoto (ovvero l'universo primordiale)

È sempre esistita una “dara” a osservare



Con l'aiuto del VLT (Very Large Telescope) dell'ESO (l'European Southern Observatory o Osservatorio Europeo Australe), alcuni astronomi hanno scoperto e studiato in dettaglio la sorgente di emissioni radio più distante finora conosciuta. La sorgente è un quasar "radio-brillante" - un oggetto luminoso con potenti getti che emettono a lunghezze d'onda radio - così lontano che la sua luce ha impiegato 13 miliardi di anni per raggiungerci. La scoperta potrebbe fornire importanti indizi per aiutare gli astronomi a comprendere l'Universo primordiale.

Scoperto il più distante quasar con potenti getti radio

<https://www.eso.org/public/italy/news/eso2103/?lang>

08 Marzo 2021

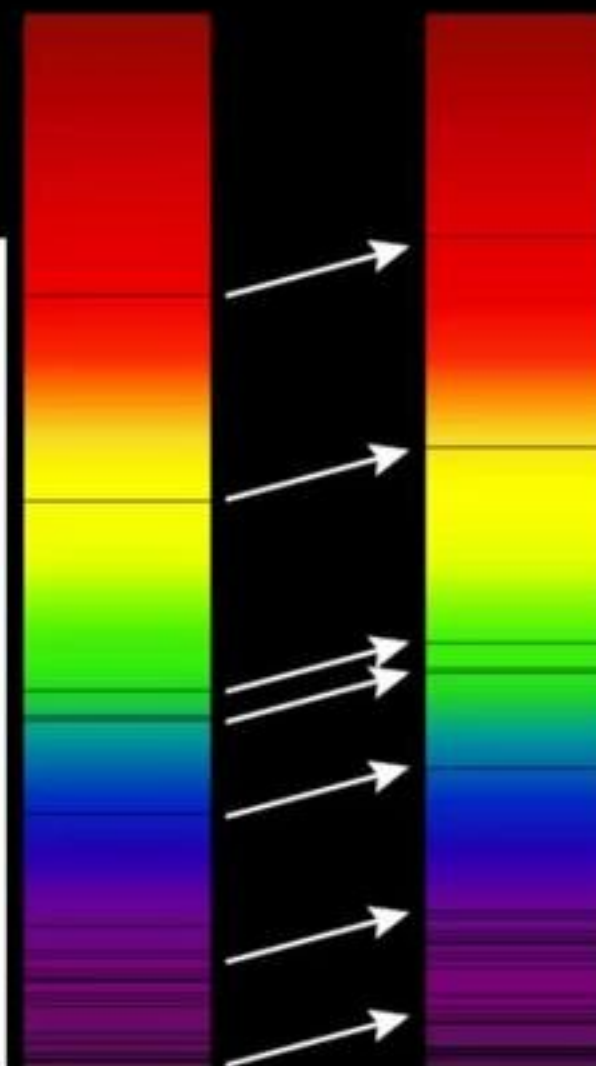
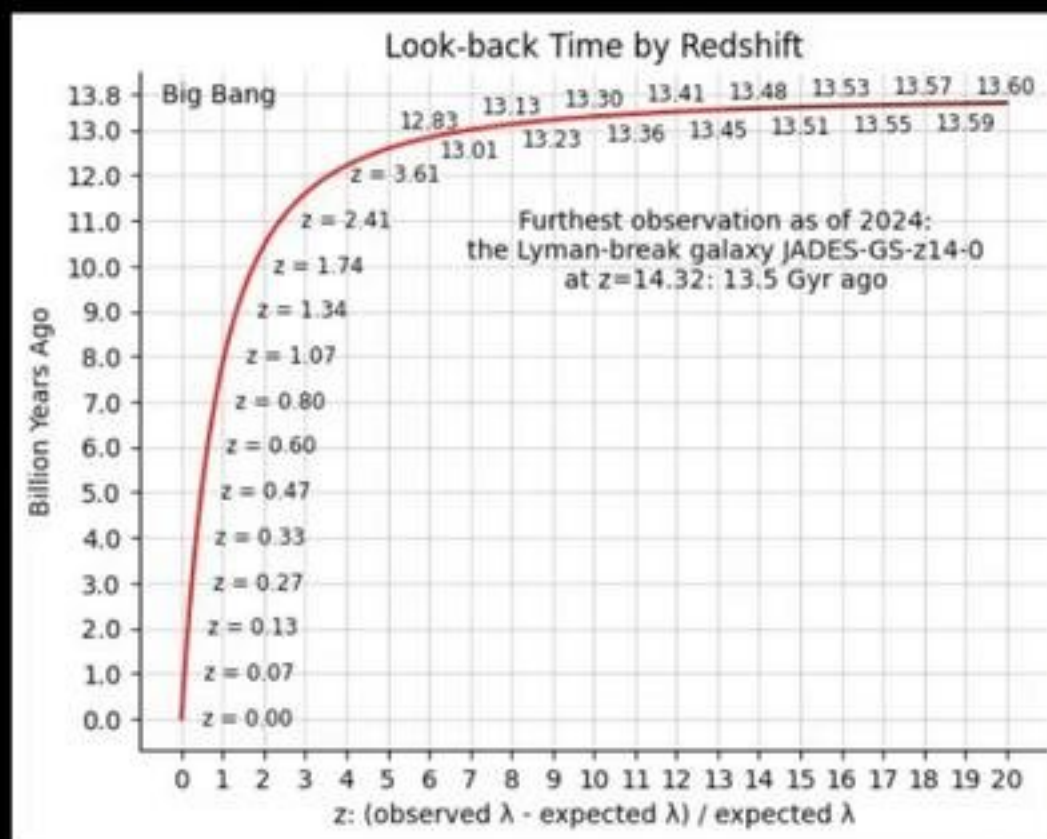
P172+18 at redshift $z = 6.82$. It corresponds to an era when the Universe was just 780 million – about 100 million years earlier than the previous record holder.



Con l'aiuto del VLT (Very Large Telescope) dell'ESO (l'European Southern Observatory o Osservatorio Europeo Australe), alcuni astronomi hanno scoperto e studiato in dettaglio la sorgente di emissioni radio più distante finora conosciuta. La sorgente è un quasar "radio-brillante" - un oggetto luminoso con potenti getti che emettono a lunghezze d'onda radio - così lontano che la sua luce ha impiegato 13 miliardi di anni per raggiungerci. La scoperta potrebbe fornire importanti indizi per aiutare gli astronomi a comprendere l'Universo primordiale.

Alla scoperta dell'universo remoto. Il *redshift*

Più distante è una galassia è maggiore è lo spostamento verso il rosso del suo spettro. I cosmologi usano il redshift (z) per indicare la distanza di una galassia.



L'universo remoto: oltre i quasar

- Galassia UDFj-39546284, annunciata nel 2011

Grazie ai telescopi super potenti attuali
è possibile osservare oggetti ultra
lontani anche se NON sono quasar!

L'universo remoto: oltre i quasar

- Galassia UDFj-39546284, annunciata nel gennaio del 2011, ha un redshift $2,2 < z < 11,9$ pari a un'età tra 10,7 e 13,3 miliardi di anni
- Oggetti di questo genere ci consentono di comprendere la nascita e le fasi primordiali delle galassie e dell'universo

Grazie ai telescopi super potenti attuali è possibile osservare oggetti ultra lontani anche se NON sono quasar!

L'universo remoto: oltre i quasar

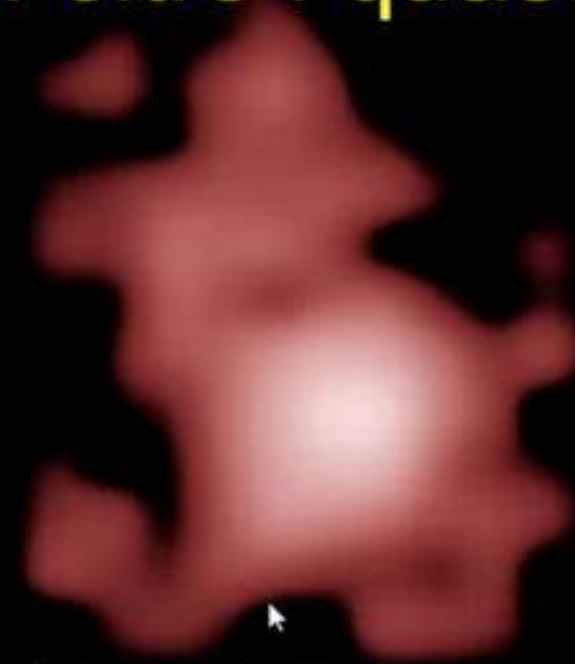
- Galassia UDFj-39546284, annunciata nel gennaio del 2011, ha un redshift $2,2 < z < 11,9$ pari a un'età tra 10,7 e 13,3 miliardi di anni
- Oggetti di questo genere ci consentono di comprendere la nascita e le fasi primordiali delle galassie e dell'universo

Grazie ai telescopi
è possibile osse
lontani anche se



L'universo remoto: oltre i quasar

- GN-z11, con redshift $10,7 < z < 11,1$ (quindi fino a 400 milioni di anni dopo il Big Bang) in UMa
- Distante 13,4 miliardi di anni luce
- Oggetti di questo genere ci consentono di comprendere la nascita e le fasi primordiali delle galassie e dell'universo



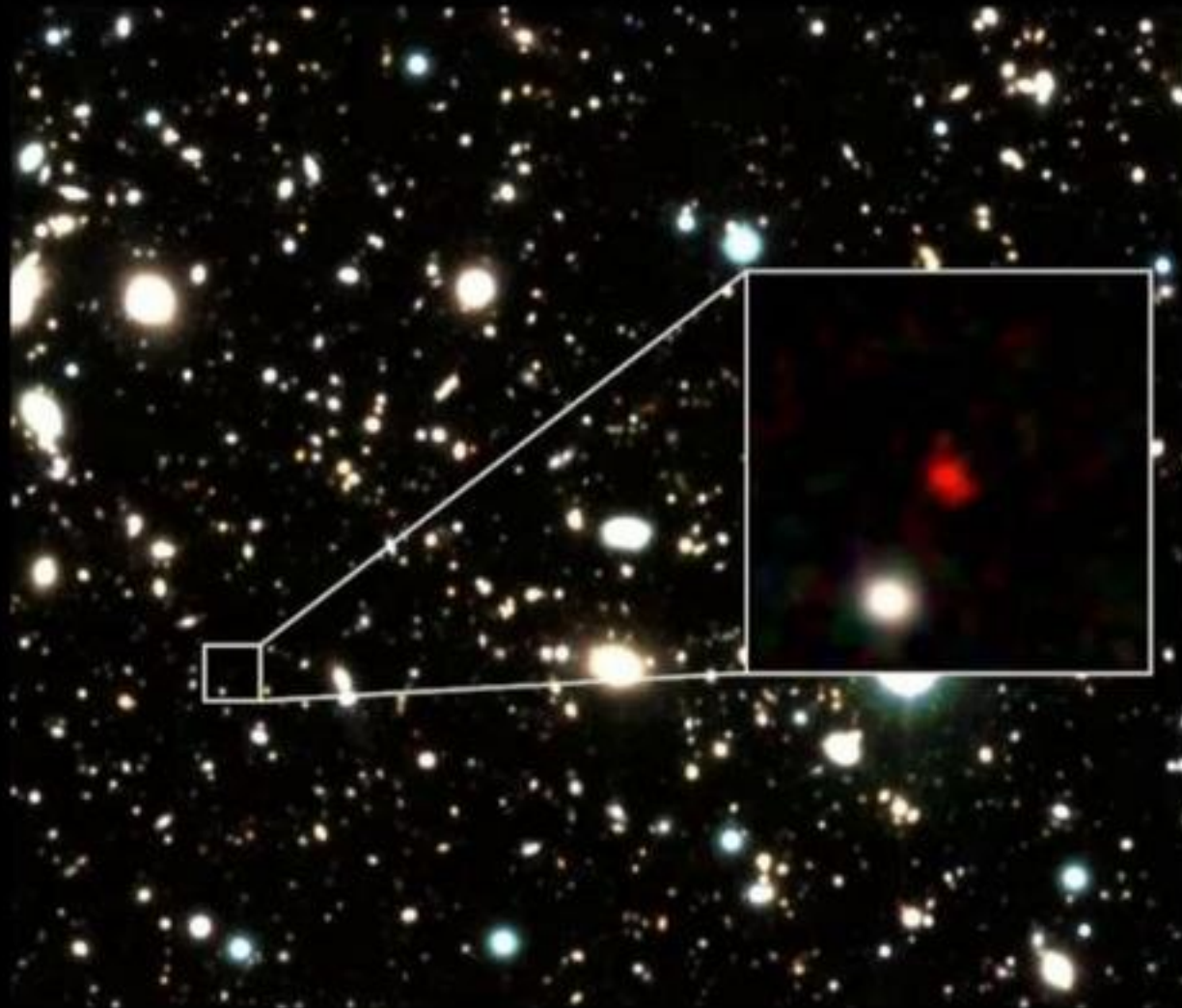
L'universo remoto: oltre i quasar

- JADES-GS-z13-0 è una galassia Lyman-break situata nella costellazione della Fornace scoperta il 29 settembre 2022 con il programma *JWST Advanced Deep Extragalactic Survey* (JADES)
- Redshift 13,2
--> distante 13,4 miliardi di anni luce



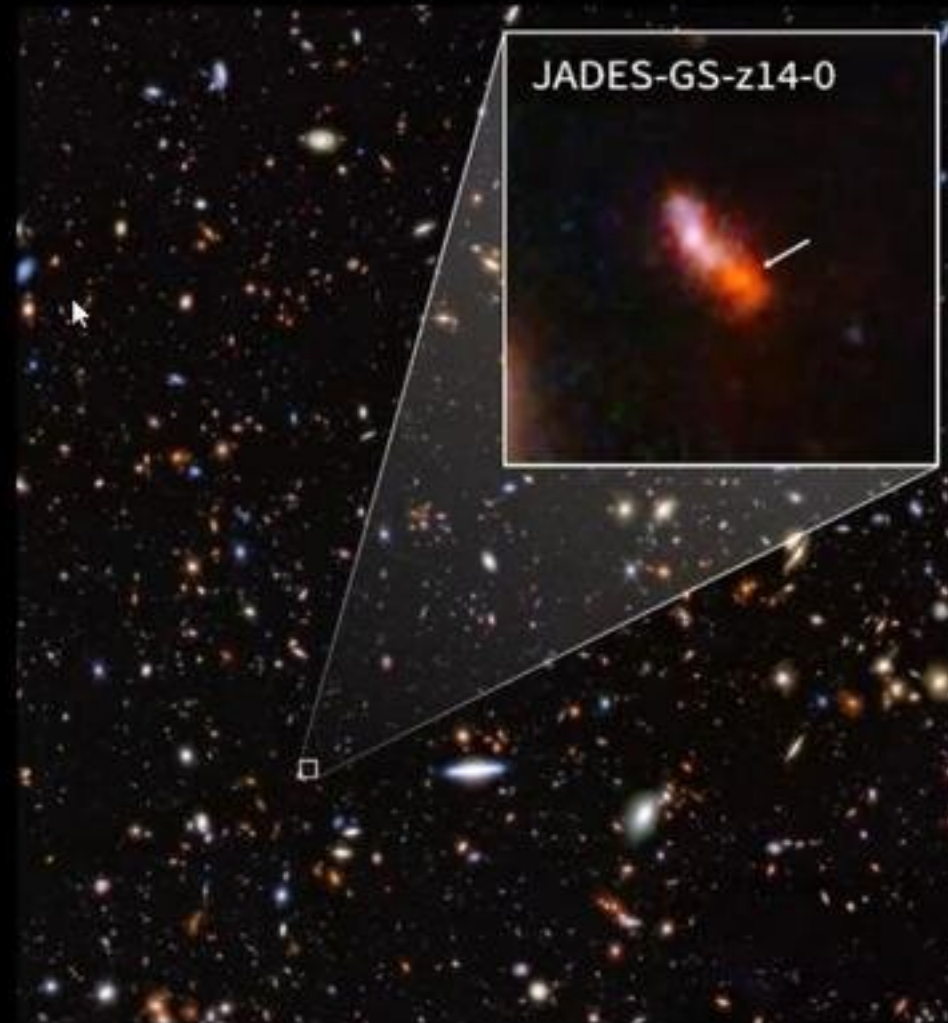
L'universo remoto: oltre i quasar

- HD1, galassia Lyman-break nel Sestante scoperta il 7 aprile 2022. Redshift 13,27
- **distanza stimata in 13,463 miliardi di anni luce**



L'universo remoto: oltre i quasar

- JADES-GS-z14-0, galassia Lyman-break nella Fornace scoperta a fine 2024 con il programma JWST Advanced Deep Extragalactic Survey (JADES).
- Redshift 14,32
- Distanza 1,6 miliardi di anni luce
- Diametro ~ 1600 anni luce (1/60 della Via Lattea)
- **RECORD ATTUALE**



L'universo remoto: oltre i quasar

- JADES-GS-z13-0 è una galassia Lyman-break situata nella costellazione della Fornace scoperta il 29 settembre 2022 con il programma *JWST Advanced Deep Extragalactic Survey* (JADES)
- Redshift 13,2
--> distante 13,4 miliardi di anni luce

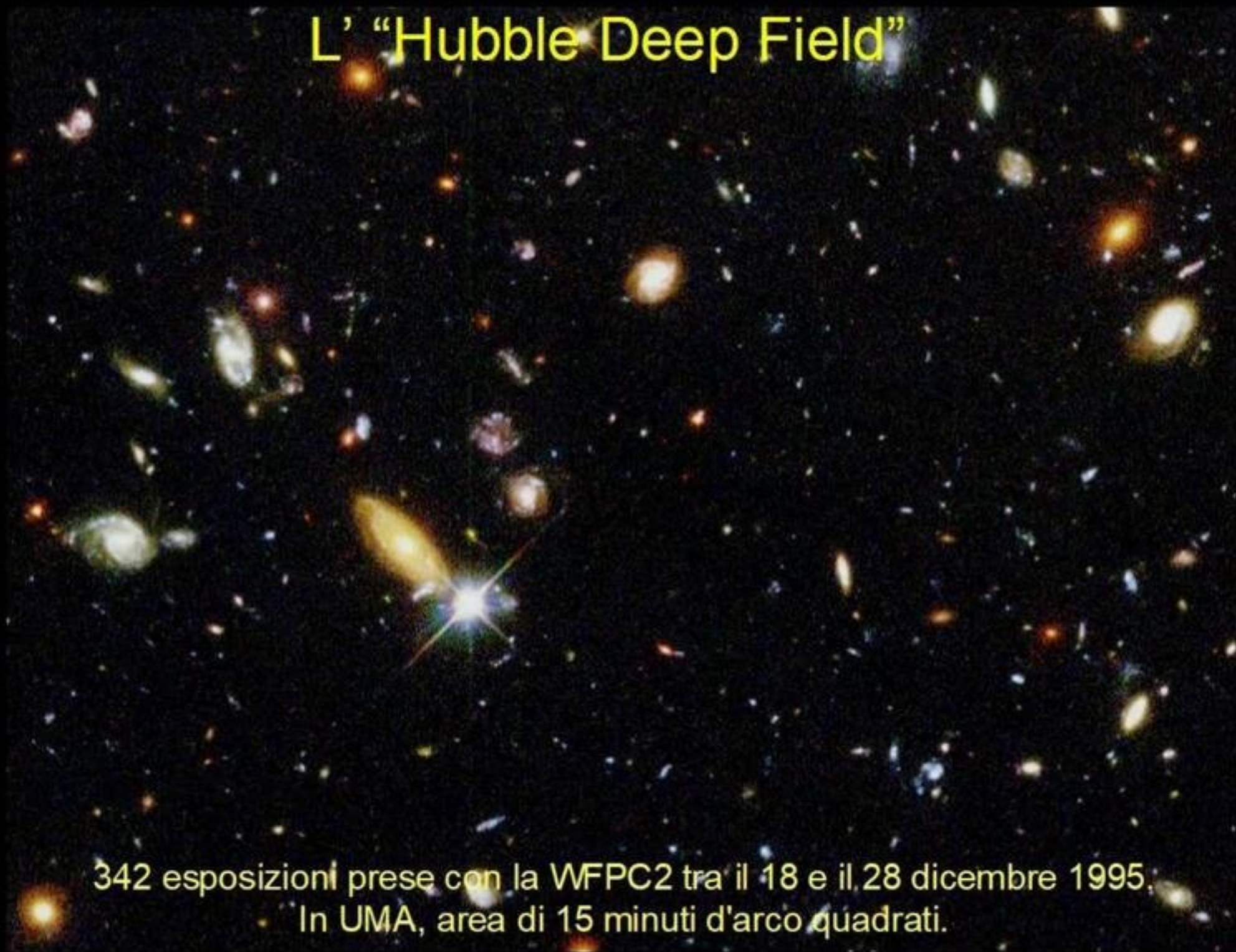


L'universo remoto: oltre i quasar

- JADES-GS-z14-0, galassia Lyman-break nella Fornace scoperta a fine 2024 con il programma JWST Advanced Deep Extragalactic Survey (JADES).
- Redshift 14,32
- Distanza 1,6 miliardi di anni luce
- Diametro ~ 1600 anni luce (1/60 della Via Lattea)
- **RECORD ATTUALE**



L' "Hubble Deep Field"



342 esposizioni prese con la WFPC2 tra il 18 e il 28 dicembre 1995.
In UMA, area di 15 minuti d'arco quadrati.

L'Hubble "Ultra Deep Field"

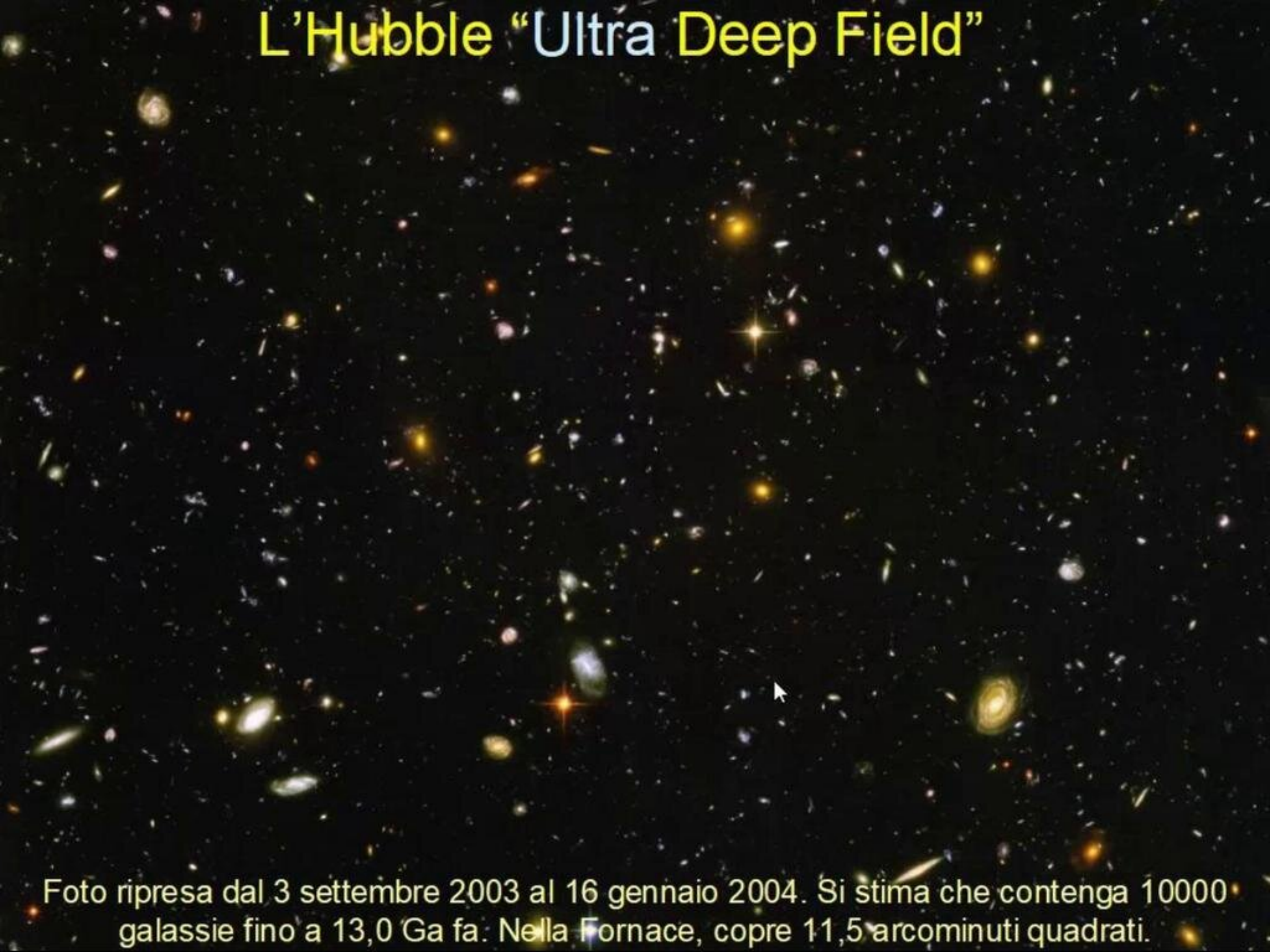
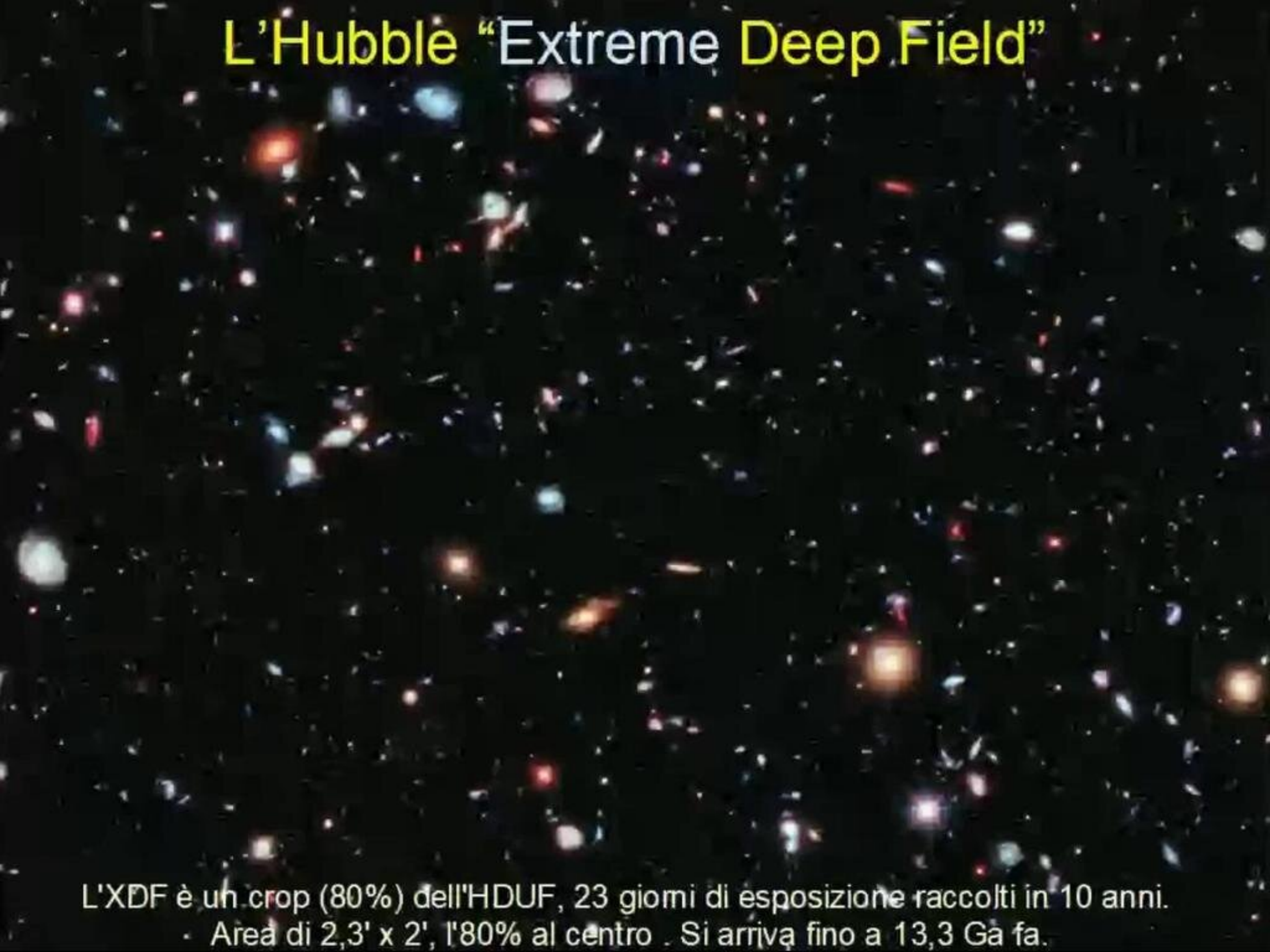


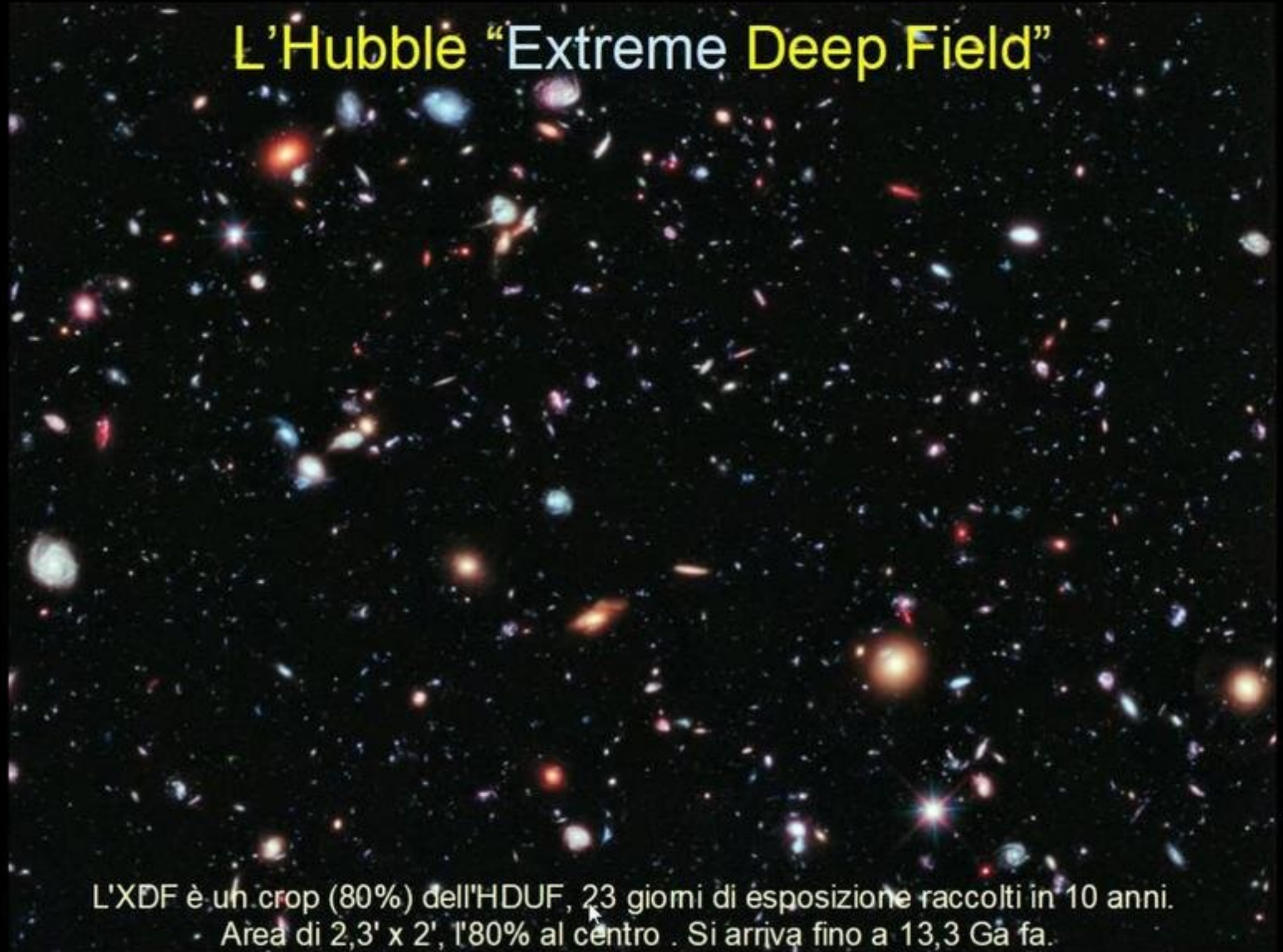
Foto ripresa dal 3 settembre 2003 al 16 gennaio 2004. Si stima che contenga 10000 galassie fino a 13,0 Ga fa. Nella Fornace, copre 11,5 arcminuti quadrati.

L'Hubble "Extreme Deep Field"



L'XDF è un crop (80%) dell'HDUF, 23 giorni di esposizione raccolti in 10 anni.
Area di 2,3' x 2', l'80% al centro. Si arriva fino a 13,3 Ga fa.

L'Hubble "Extreme Deep Field"



L'XDF è un crop (80%) dell'HDUF, 23 giorni di esposizione raccolti in 10 anni.
Area di 2,3' x 2', l'80% al centro. Si arriva fino a 13,3 Ga fa.

L'Hubble "Ultra Deep Field"

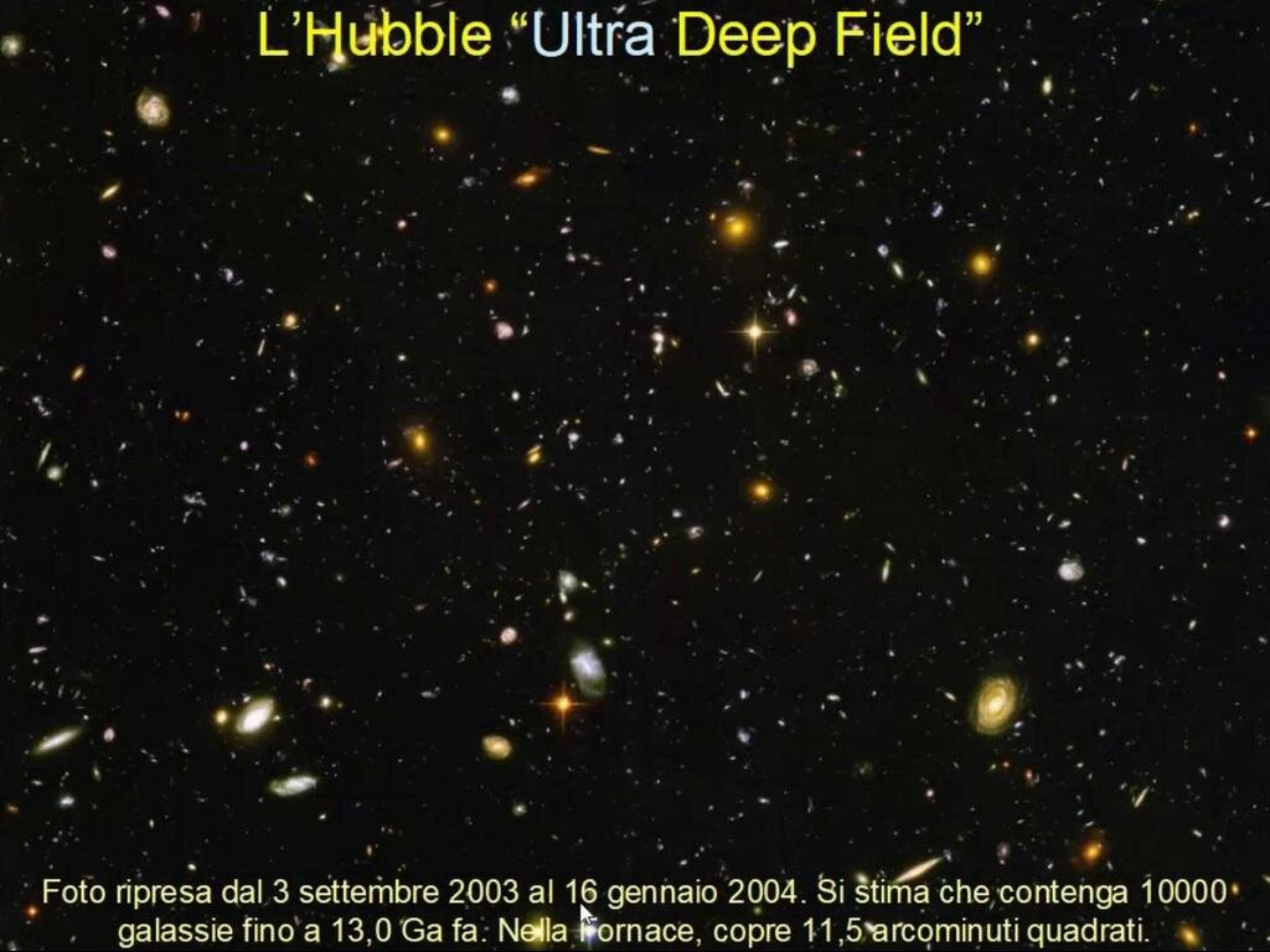
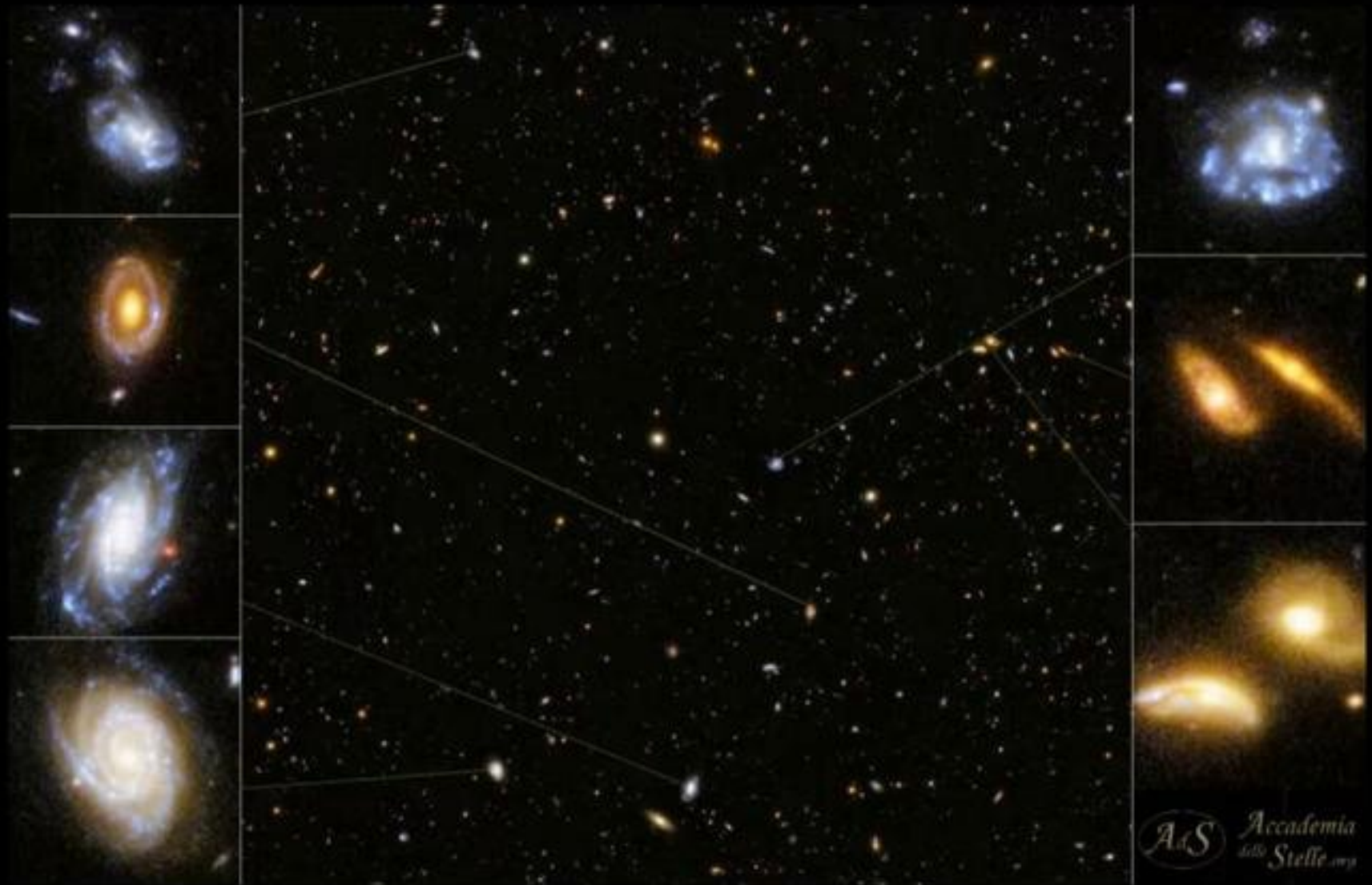
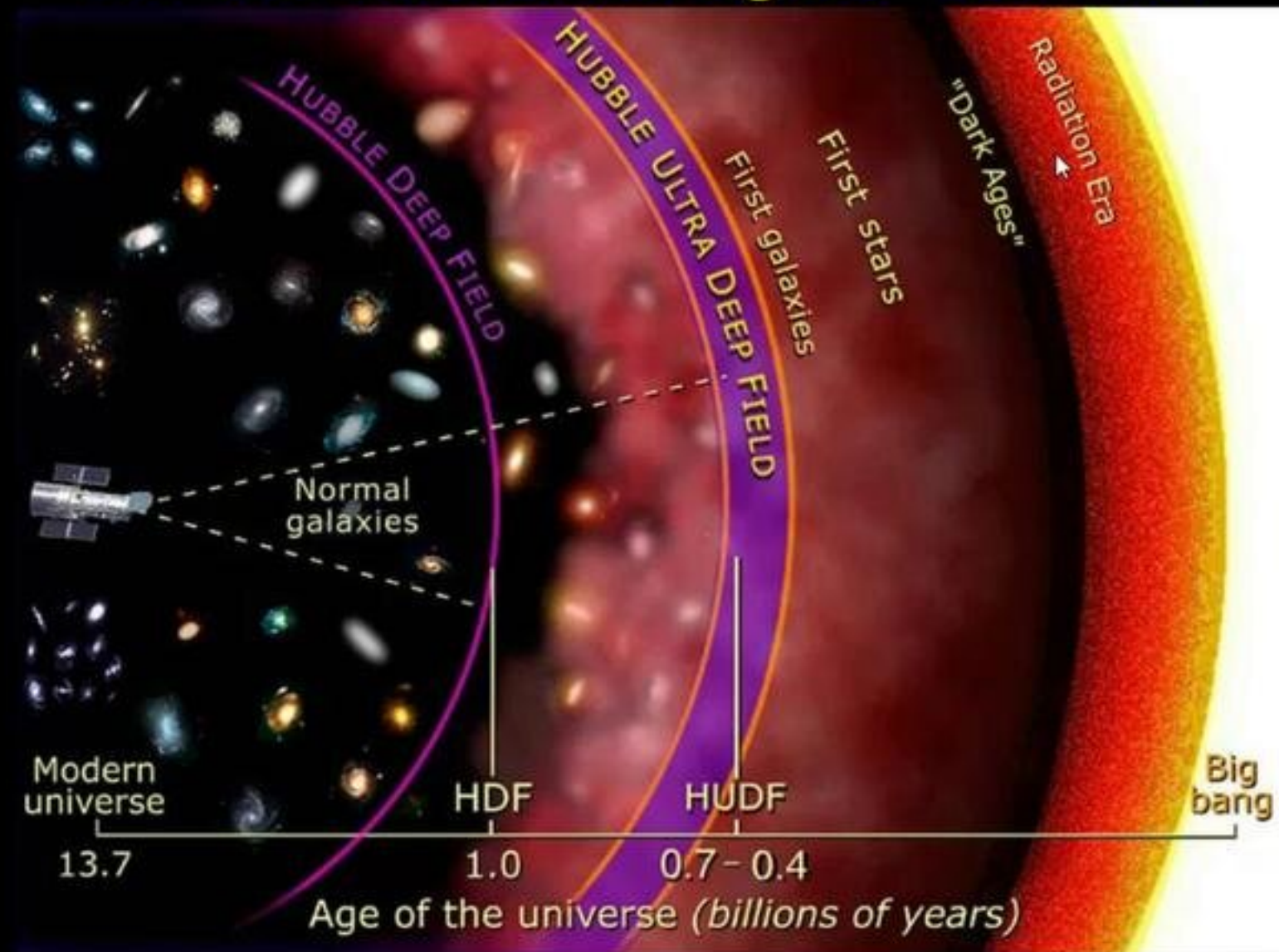


Foto ripresa dal 3 settembre 2003 al 16 gennaio 2004. Si stima che contenga 10000 galassie fino a 13,0 Ga fa. Nella Fornace, copre 11,5 arcminuti quadrati.



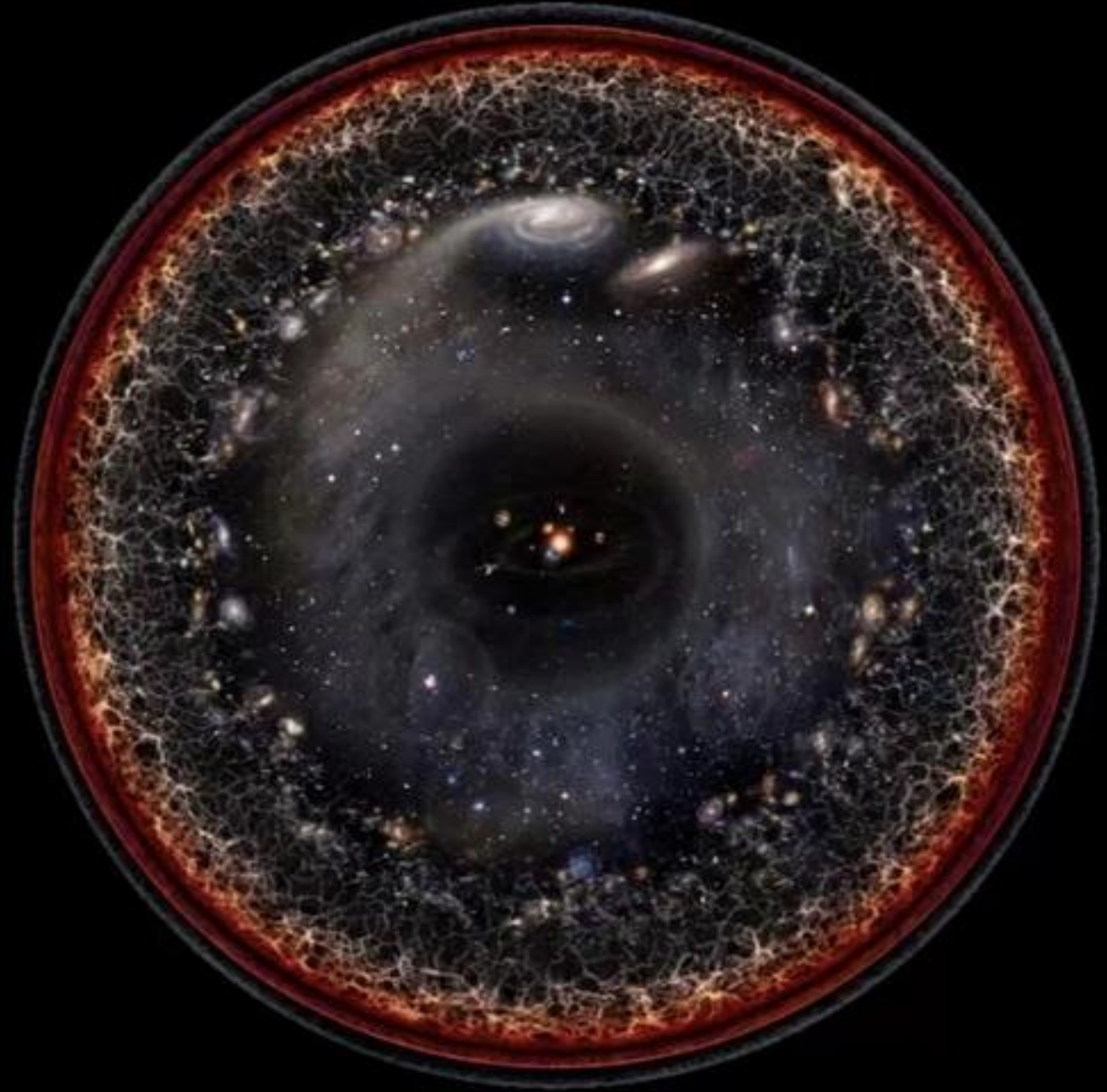
la foto HDUV (Hubble Deep UV), del 2018, ritrae circa 12 mila galassie lontanissime in piena fase di formazione stellare primordiale

Lo “scavo archeologico” dell’HST

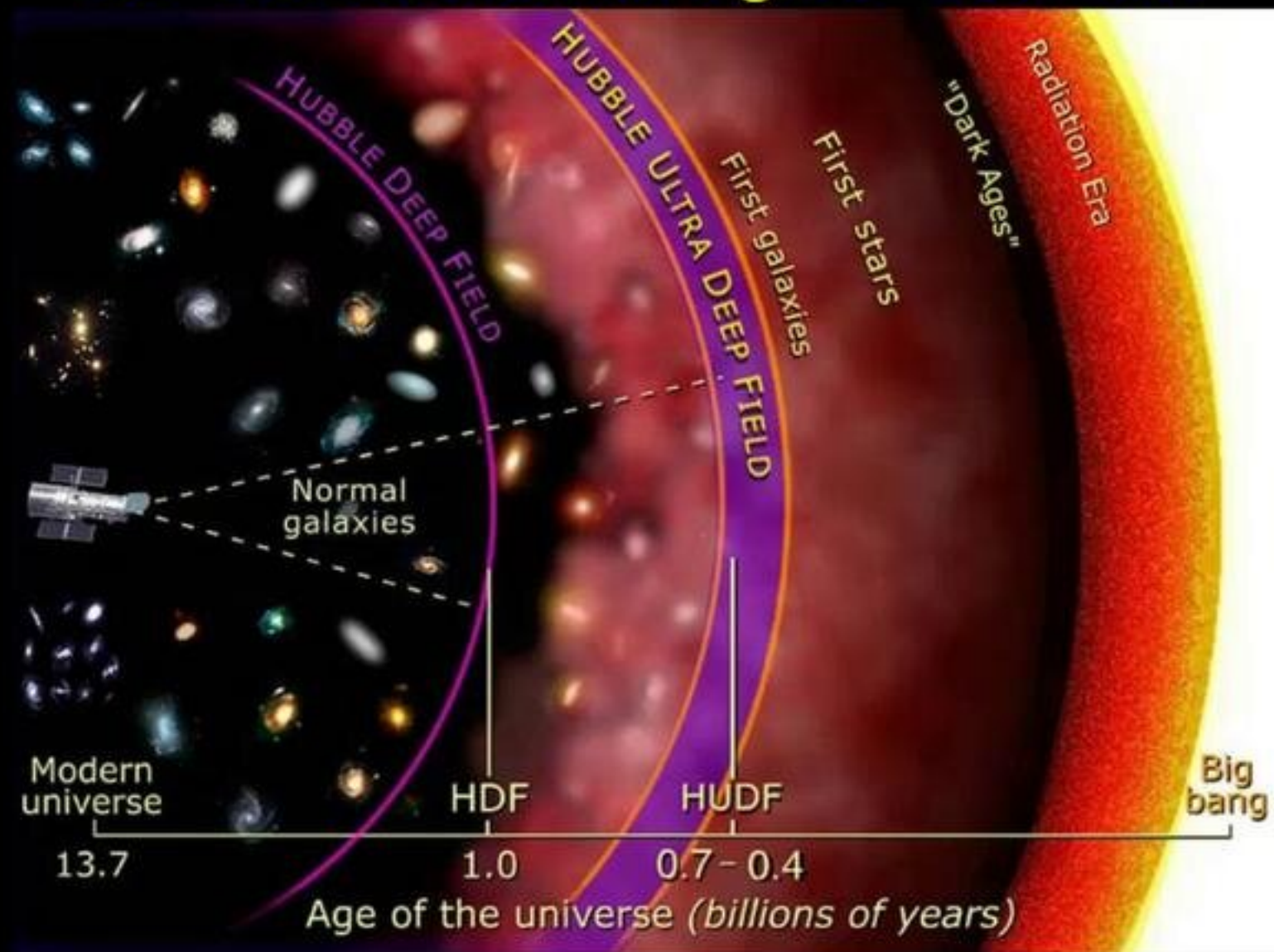




Come appare
l'universo visto
dalla Terra



Lo “scavo archeologico” dell’HST



Dov'è il centro dell'Universo?
Cosa c'è al di là del suo confine?

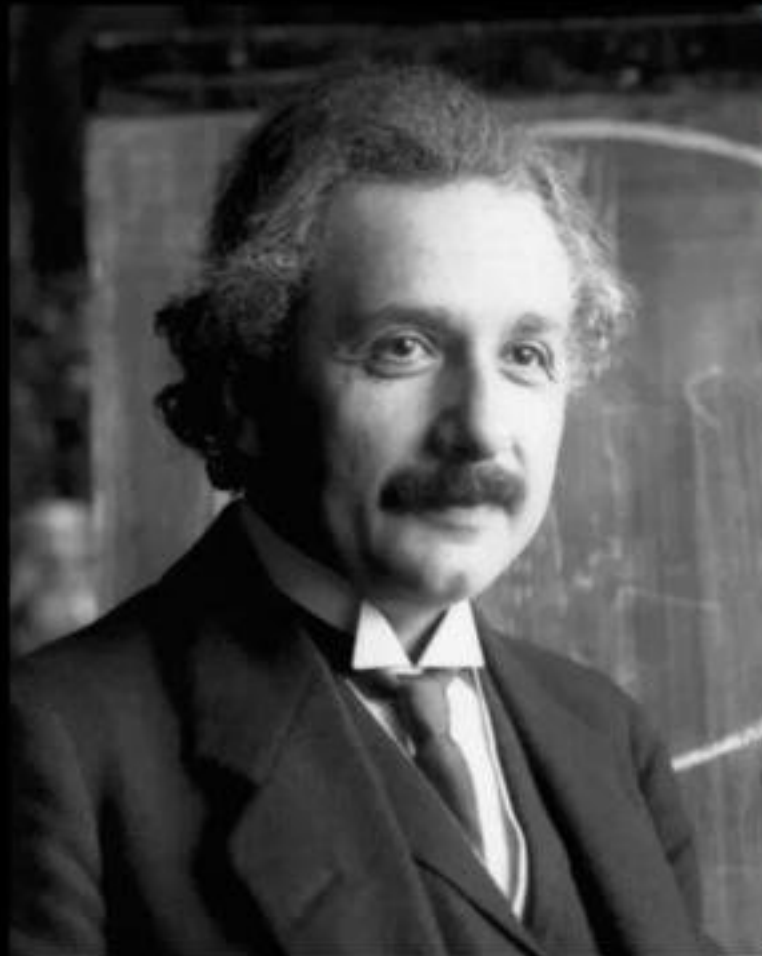






Hubble e CMB

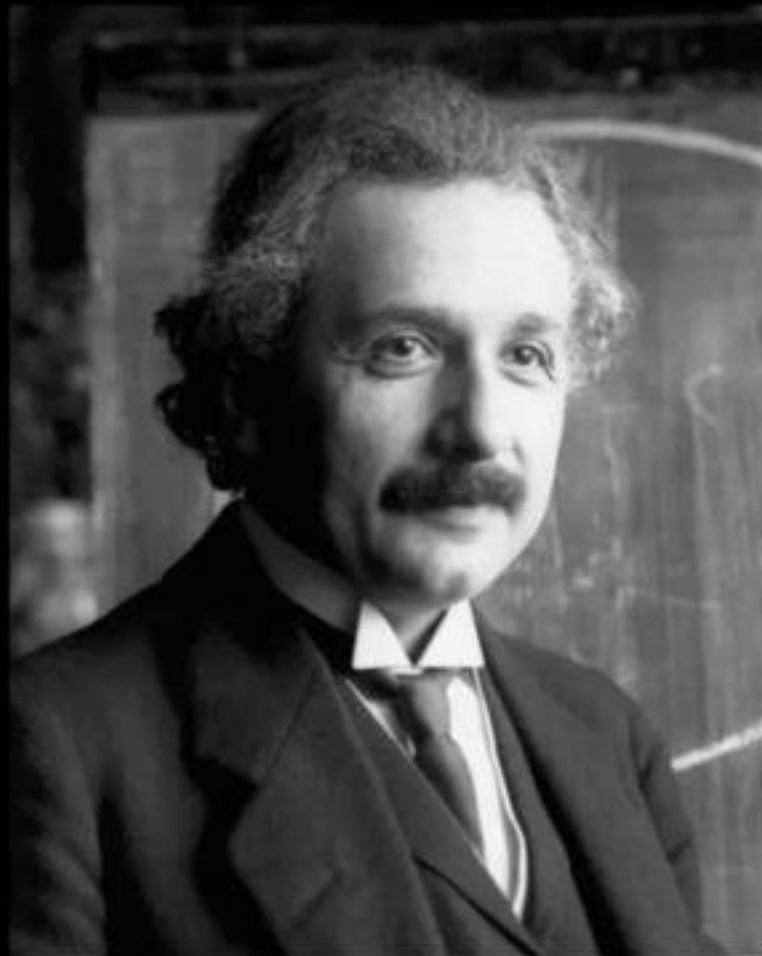
Einstein, 1916-1917



1916 pubblica la *Relatività Generale*, che si dimostra utile anche per studi



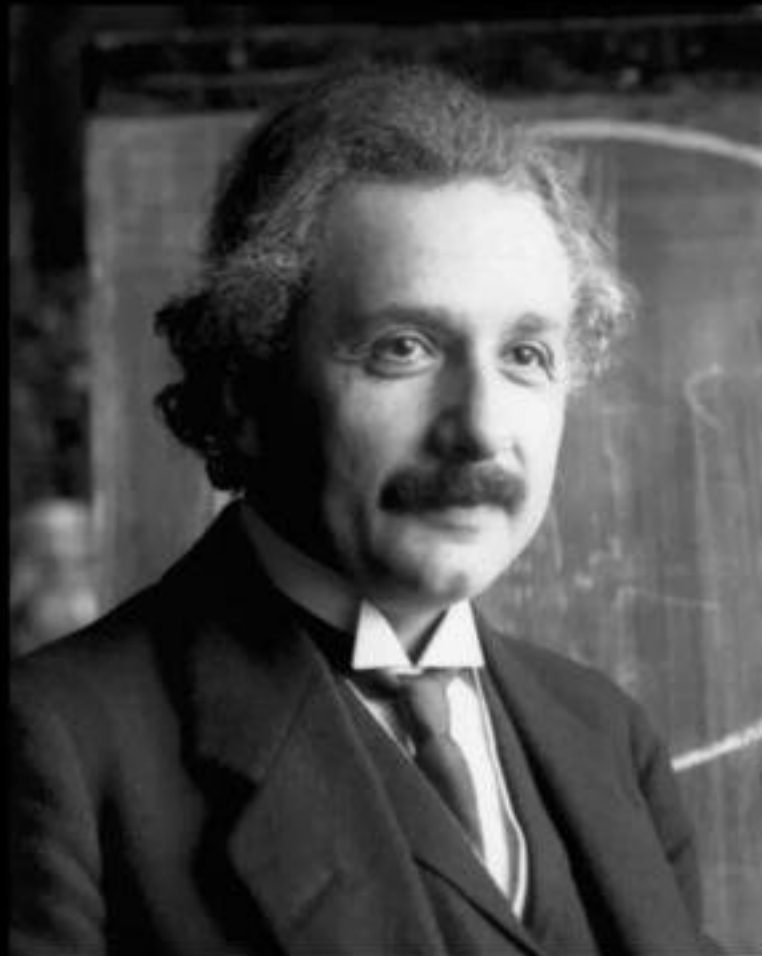
Einstein, 1916-1917



1916 pubblica la *Relatività Generale*, che si dimostra utile anche per studiare la dinamica dell'Universo.



Einstein, 1916-1917



1916 pubblica la *Relatività Generale*, che si dimostra utile anche per studiare la dinamica dell'Universo.

$$G_{\mu\nu} = [(8 \pi G)/c^4] T_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu}$$

1917 pubblica *Cosmological Considerations in the General Theory of Relativity*, col quale introduce la costante cosmologica allo scopo di preservare la *staticità* dell'Universo

Nasce (silenziosamente) quella che sarà la teoria del Big Bang



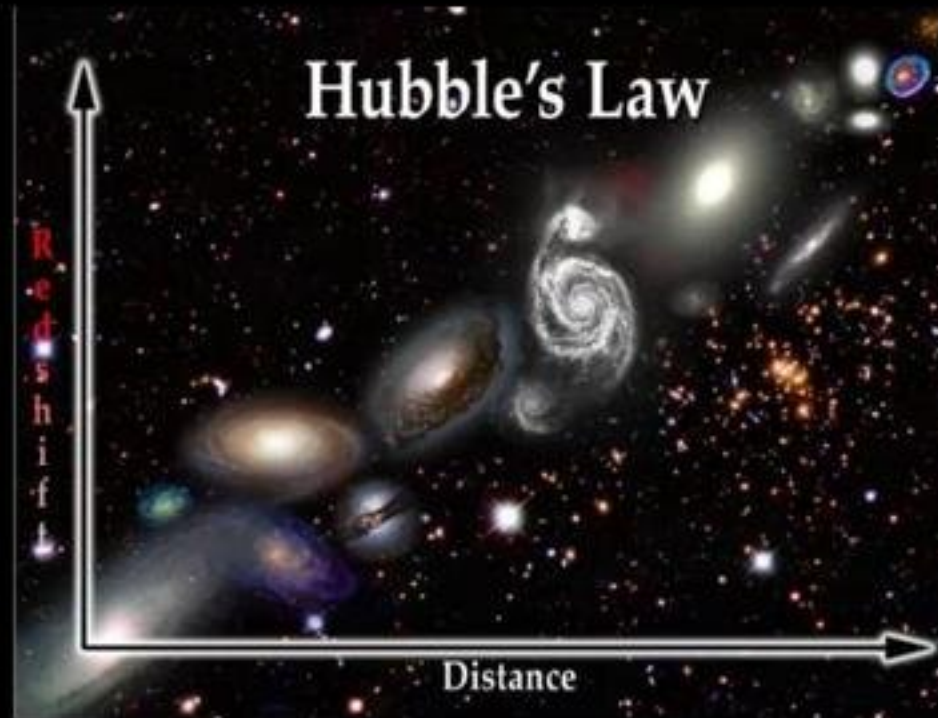
Alexander Friedmann tra il 1922 e il 1924 scopre soluzioni delle equazioni di Einstein corrispondenti a universi in espansione e in contrazione

1927 Georges Lemaître descrive con la Relatività un Universo in espansione

1931 e 1932: Einstein pubblica lavori di cosmologia con Alexander Friedmann e Willem de Sitter che descrivono un Universo in espansione

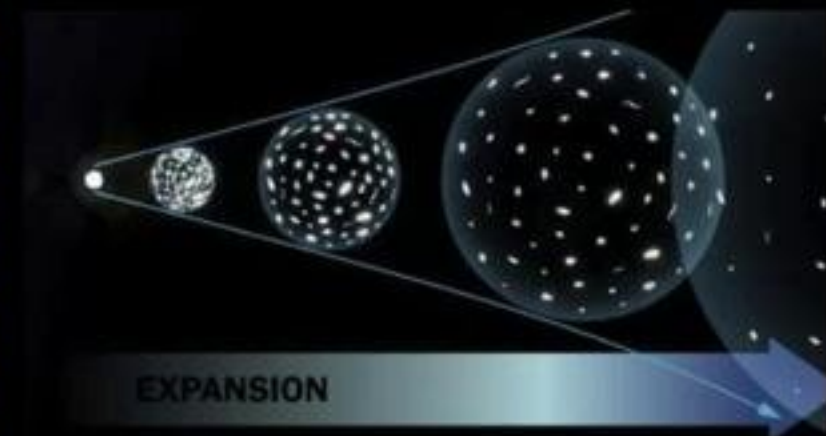
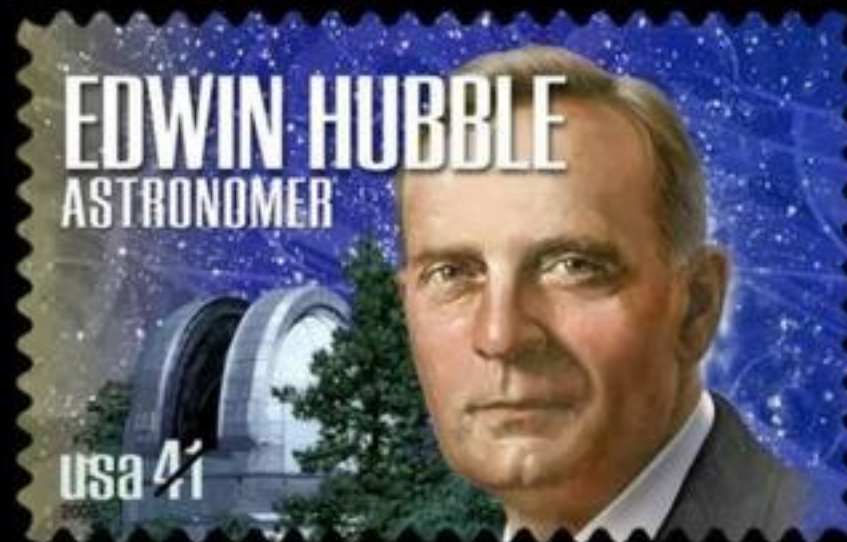
All'inizio degli anni Trenta esiste già una descrizione matematica coerente dell'Universo in espansione





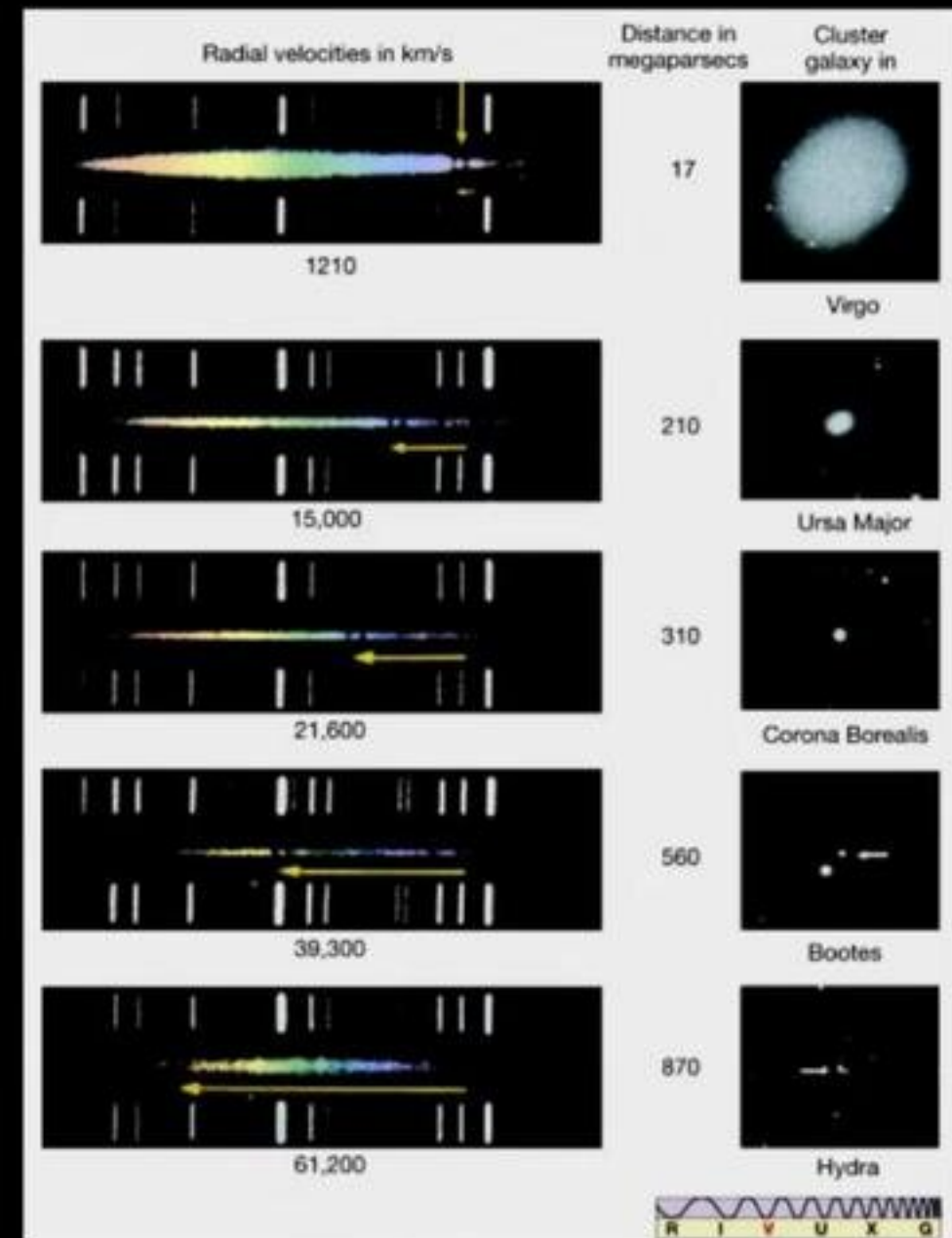
Edwin Hubble misura distanze e velocità radiali delle galassie e, nel 1929, scopre che, più lontane sono le galassie e più si allontanano.

Si dedurrà poi che
L'Universo è in
espansione.



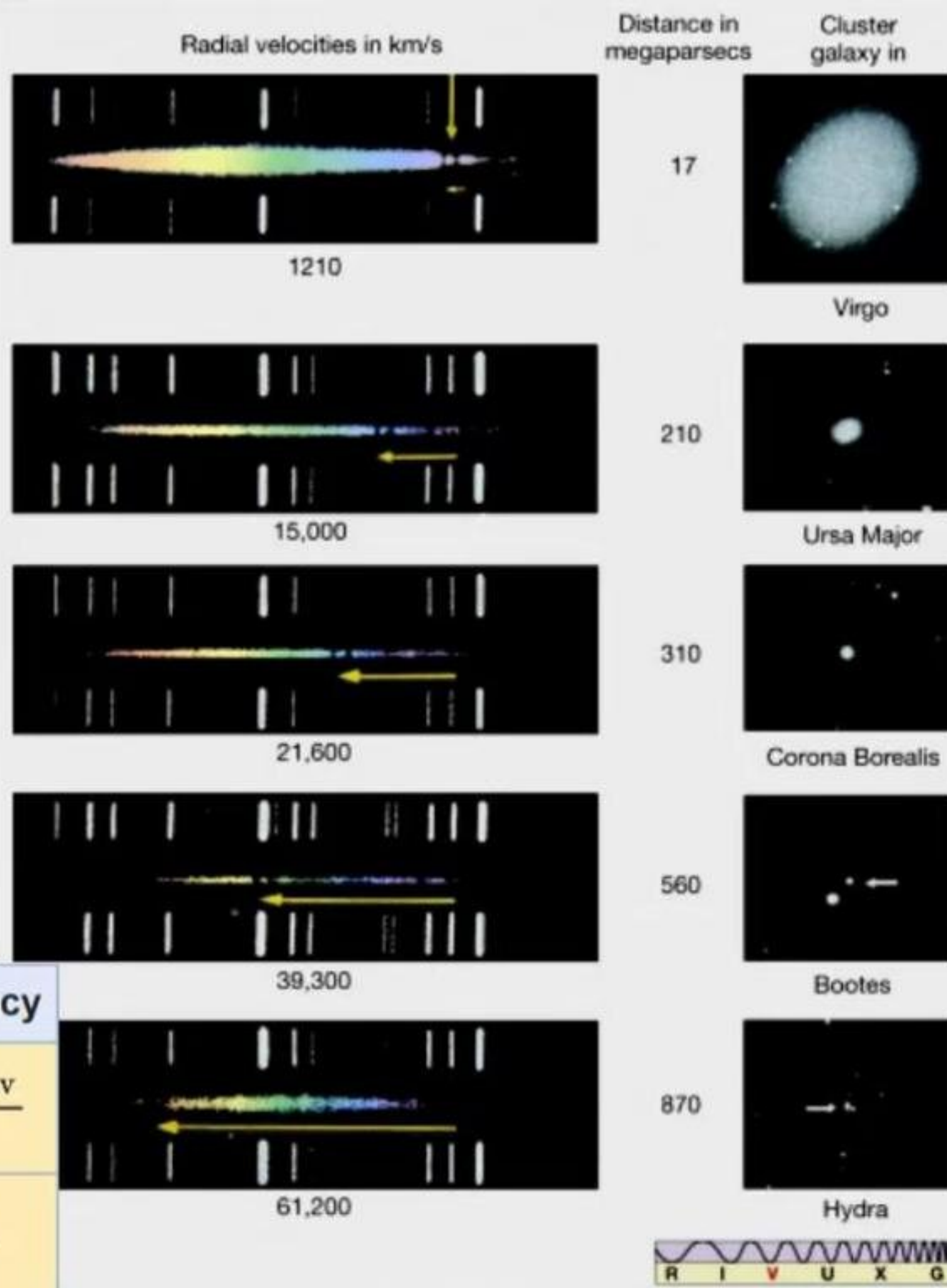
L'allontanamento è
evidenziato dallo
spostamento verso
il rosso (*redshift*)
delle righe spettrali.

È maggiore se le
galassie sono più
distanti.

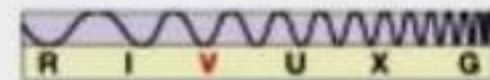


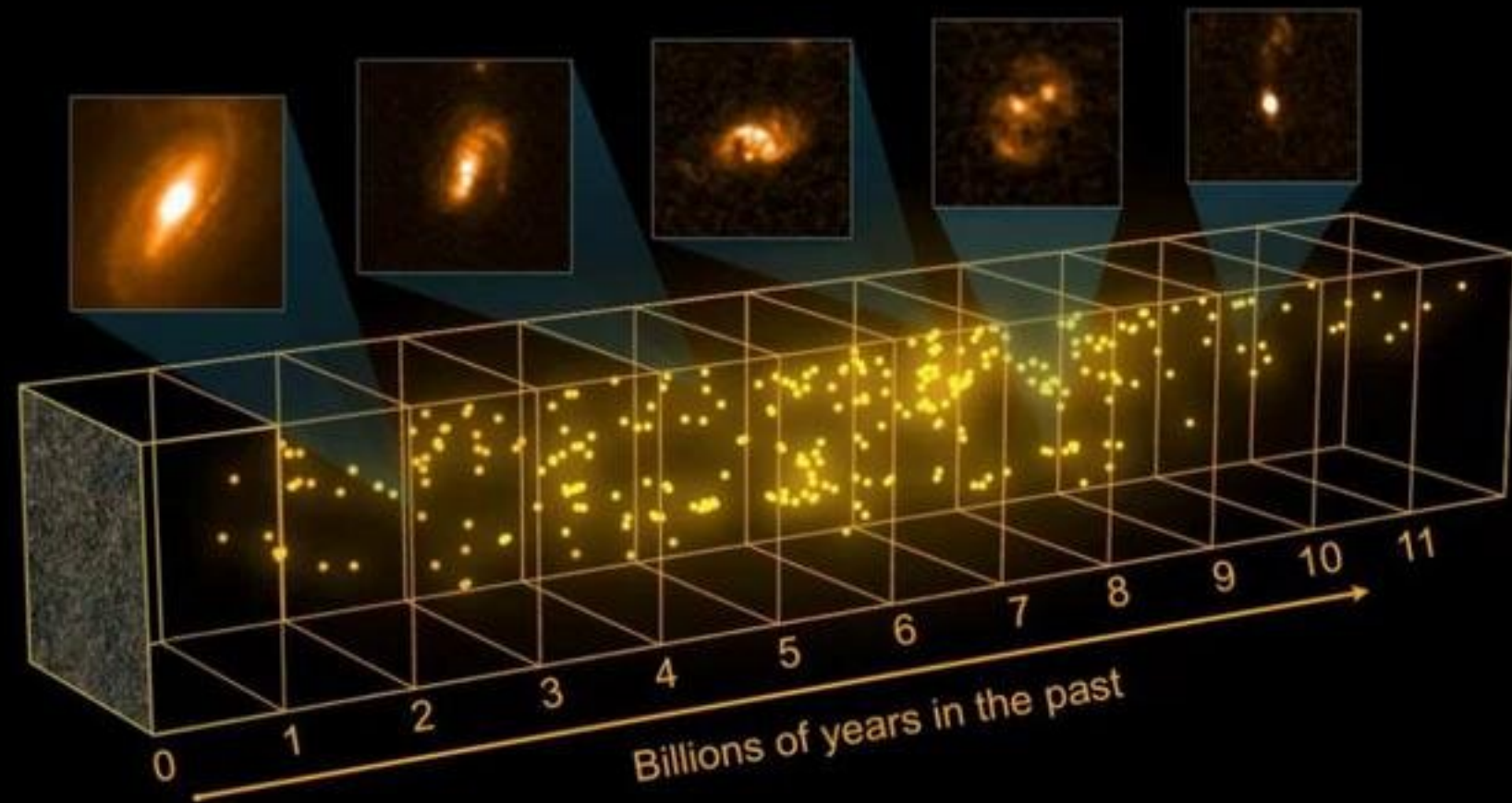
L'allontanamento è evidenziato dallo spostamento verso il rosso (*redshift*) delle righe spettrali.

È maggiore se le galassie sono più distanti.



Based on wavelength	Based on frequency
$z = \frac{\lambda_{\text{obsv}} - \lambda_{\text{emit}}}{\lambda_{\text{emit}}}$	$z = \frac{f_{\text{emit}} - f_{\text{obsv}}}{f_{\text{obsv}}}$
$1 + z = \frac{\lambda_{\text{obsv}}}{\lambda_{\text{emit}}}$	$1 + z = \frac{f_{\text{emit}}}{f_{\text{obsv}}}$



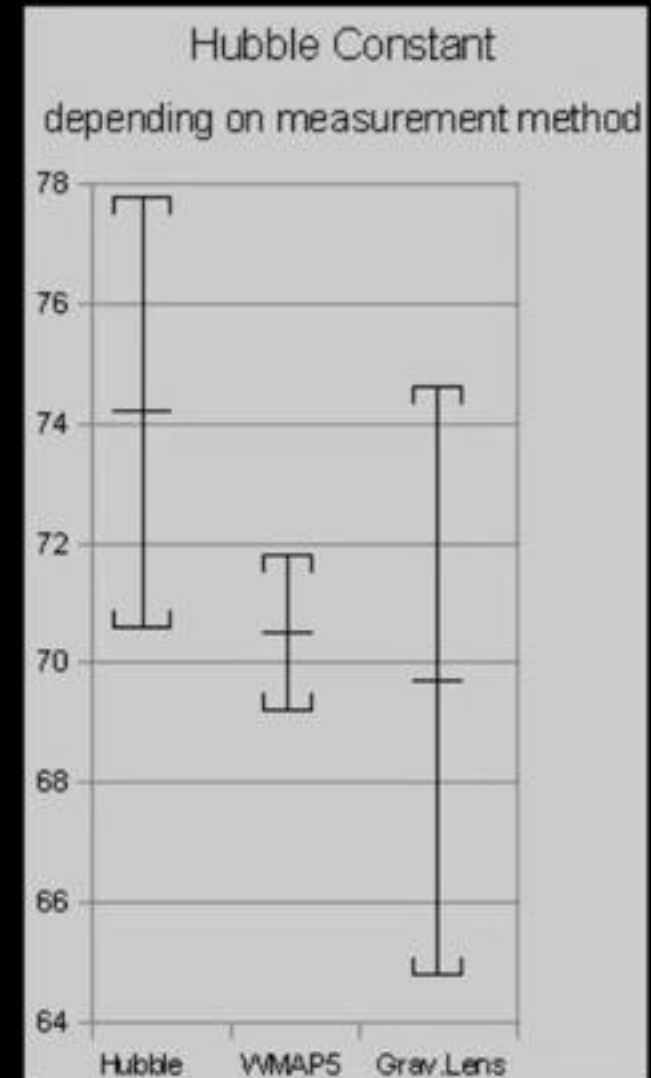
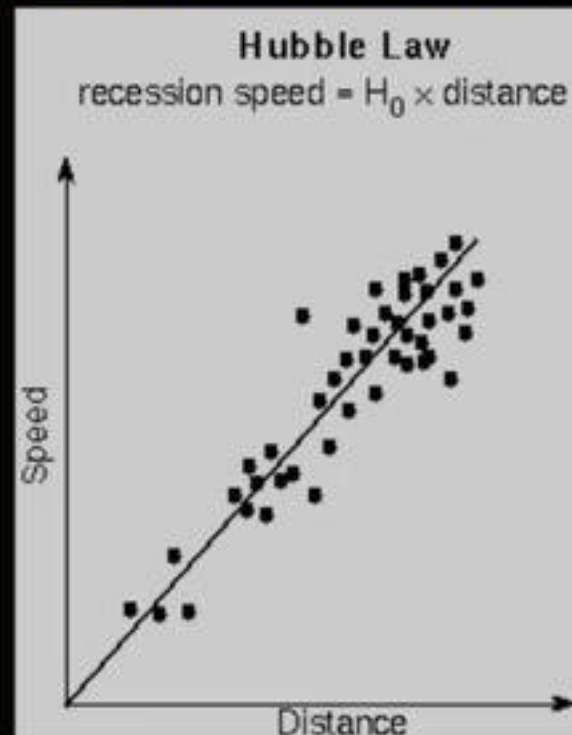


L'allontanamento è evidenziato dallo spostamento verso il rosso (*redshift*) delle righe spettrali e calibrato con le supernove di tipo Ia e altre "candele standard"

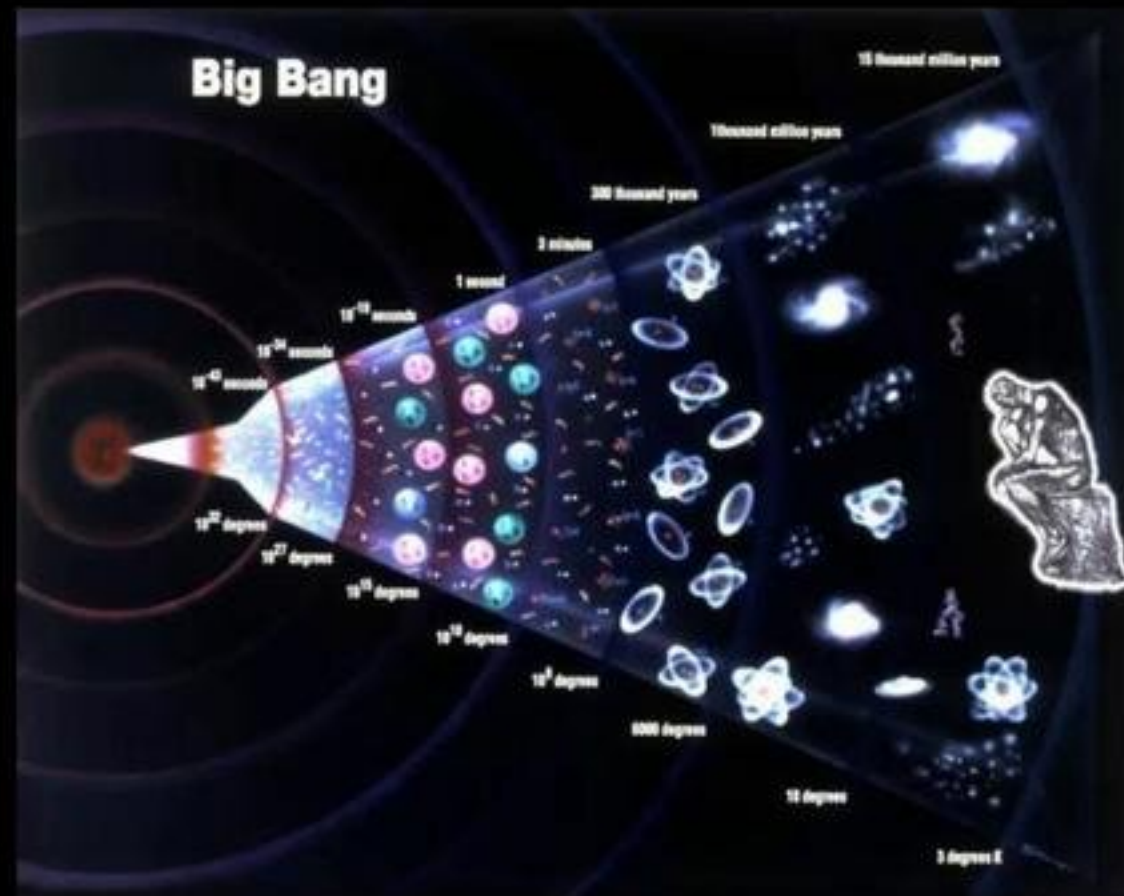
È maggiore se le galassie sono più distanti.

La legge di Hubble: spostamento verso il rosso (*redshift*) e distanza delle galassie

- Scoperta da Edwin Hubble nel 1929, prevista da Georges Lemaître sulla base delle equazioni di Einstein.
- Le galassie mostrano allontanarsi ad una velocità proporzionale alla loro distanza:
- $v = H \cdot D$



Molti scenari cosmologici sono coerenti con un universo in espansione



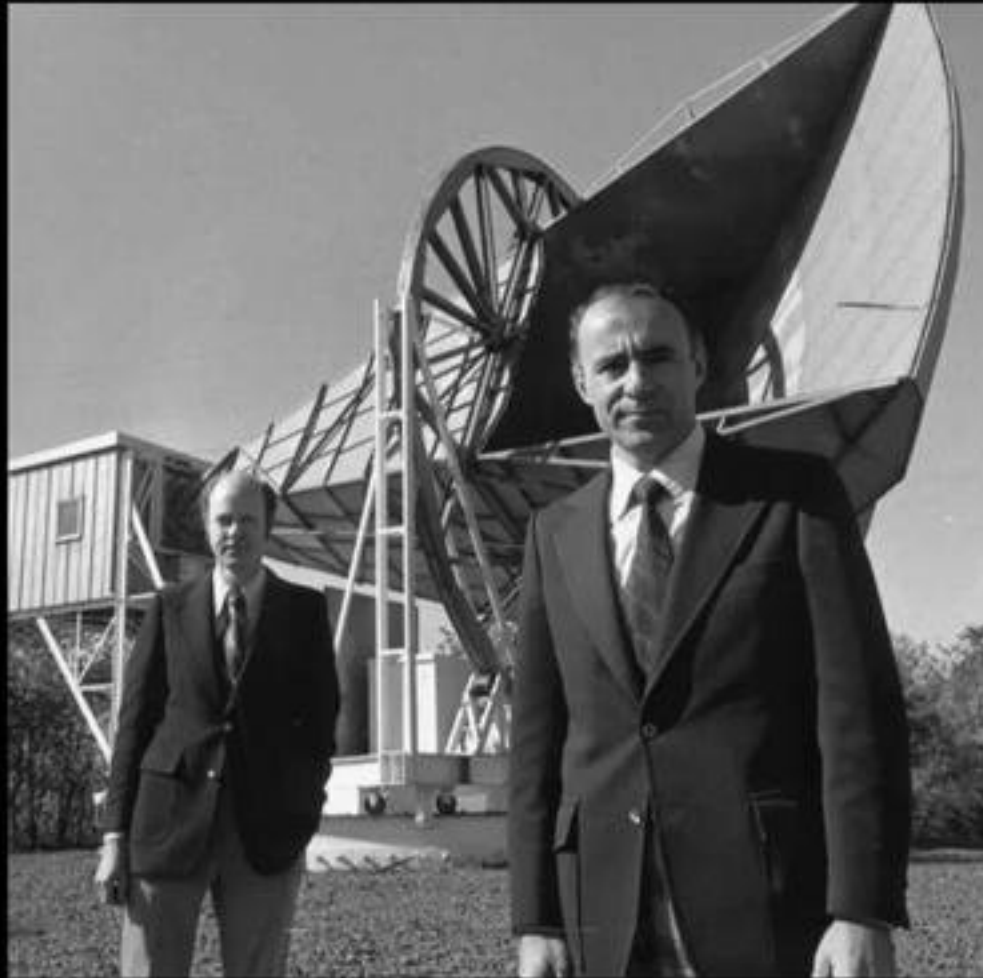
Uno di questi è noto come *Big Bang*.

In che modo si può capire quale di questi modelli è corretto?

Naturalmente, confrontandoli con le osservazioni

La teoria del *Big Bang*

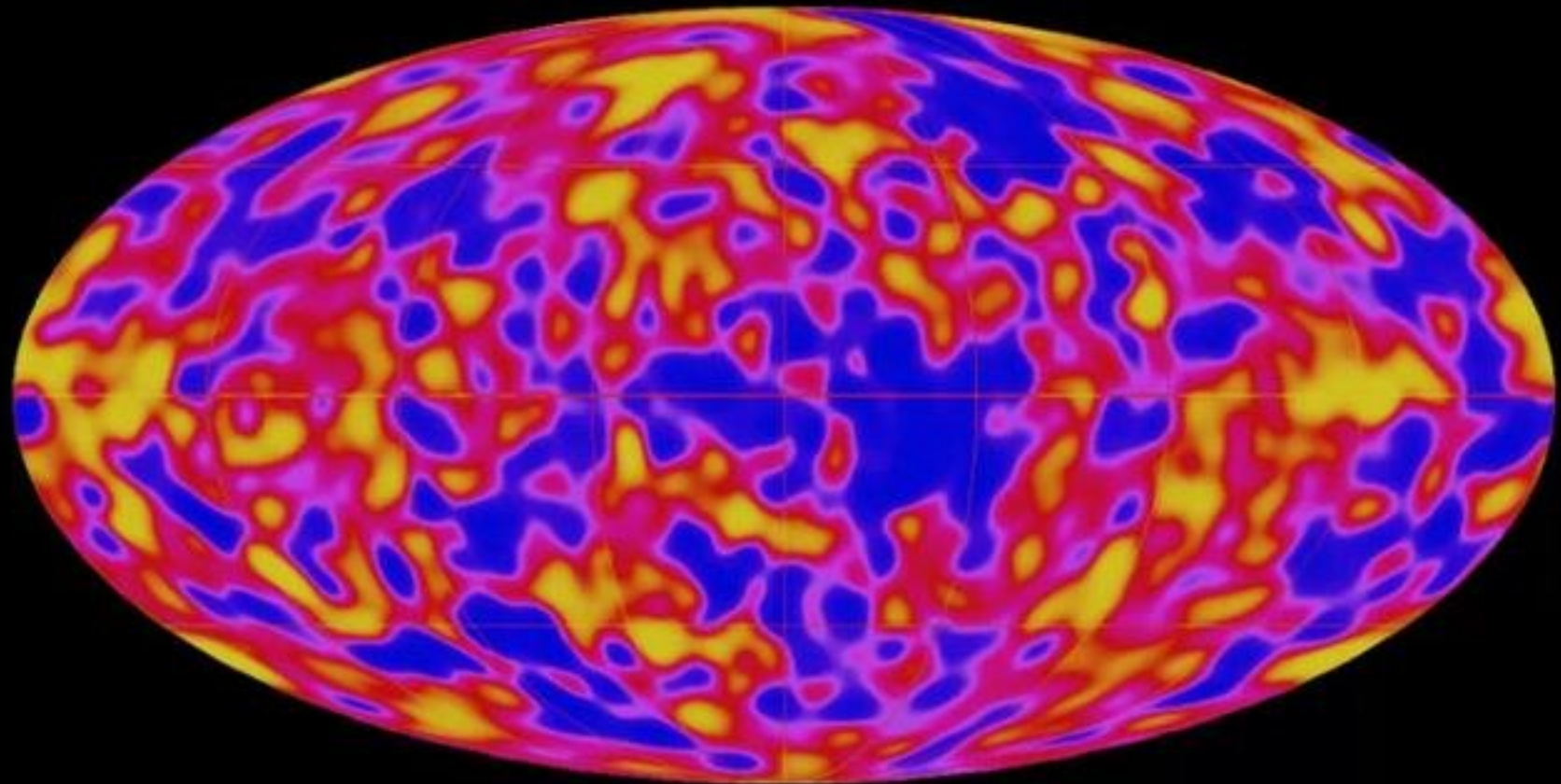
- Se l'universo si espande, un tempo doveva essere molto più concentrato. Con densità e temperatura maggiori, tendenti a infinito.
- Ammettendo il *Big Bang* (termine dispregiativo dato da un oppositore di questa teoria negli anni Cinquanta), dovrebbe esserci traccia di tale stadio ad altissima temperatura



Nel 1964, Penzias e Wilson, ricercatori dei Bell Laboratories, sperimentando un'antenna per telecomunicazioni satellitari, rilevano un'emissione incognita proveniente da ogni direzione del cielo.

Non solo corrispondeva alla frequenza della "radiazione cosmica di fondo" prevista dal Big Bang, ma ne ricalcava esattamente intensità e andamento

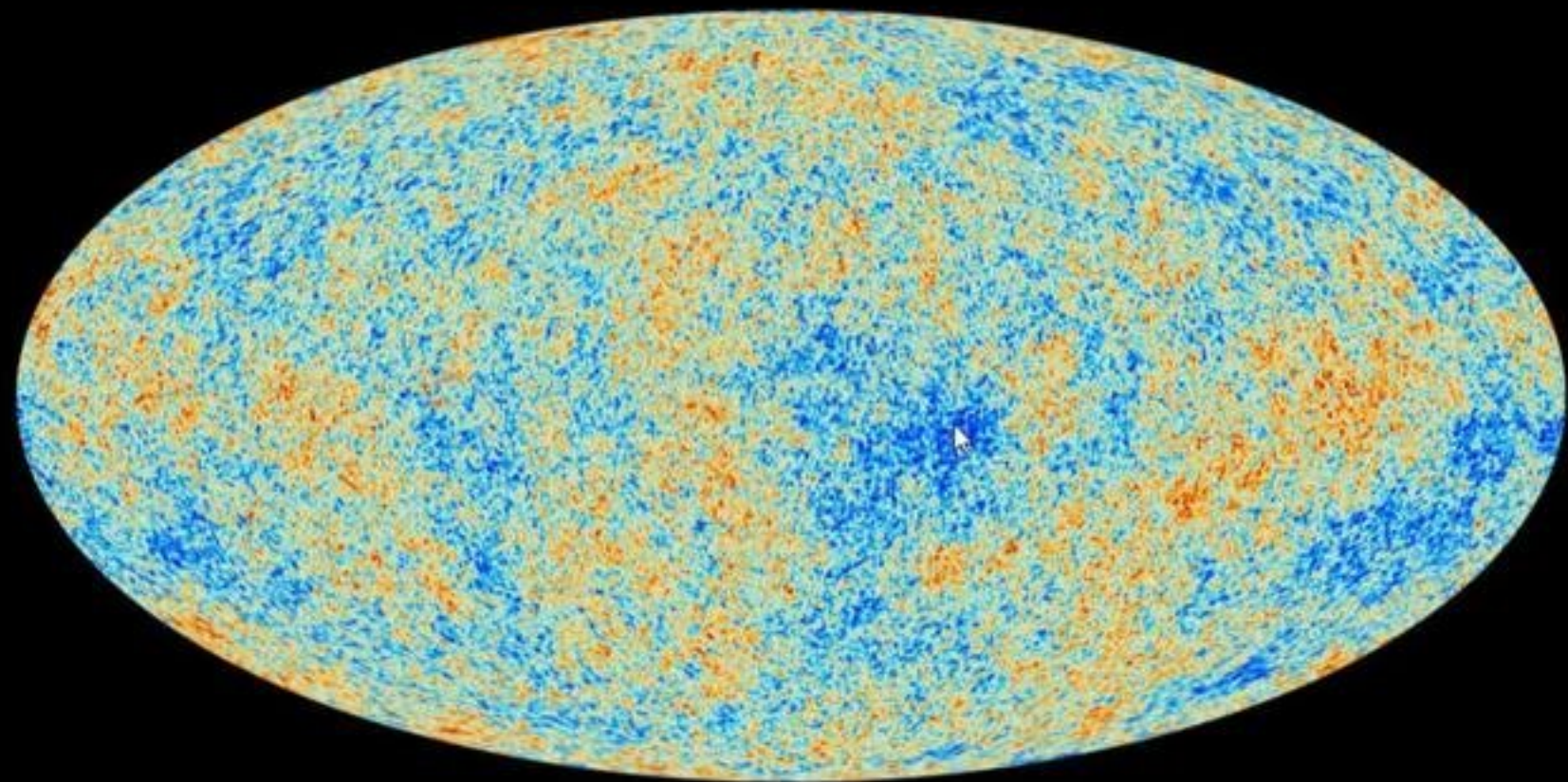
Immagine dell'universo 380.000 anni dopo il Big Bang



La prima immagine dettagliata della radiazione cosmica di fondo, ripresa dal satellite NASA COBE, pubblicata nel 1993.



Immagine dell'universo 380.000 anni dopo il Big Bang



La più dettagliata mappa della radiazione cosmica di fondo, ripresa dal satellite europeo Planck, pubblicata nel 2013.

L'espansione dell'universo non è costante. Dal 1998 sappiamo che è accelerata

- L'universo ebbe una fase parossistica di espansione (detta *inflazione*) poco dopo la sua nascita
- L'espansione rallenta a causa della gravità complessiva dell'Universo, ma, dopo 7 miliardi di anni, ricomincia lentamente ad accelerare
- Nel 1998 due studi sulle supernove remotissime mostrarono che la loro luminosità era maggiore dell'atteso: la distanza tra le galassie un tempo aumentava a un ritmo minore di oggi
- Per tale scoperta, Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt e Adam Riess ricevettero il premio Nobel per la fisica nel 2011

Da cosa è prodotta questa espansione?

- La geometria a grande scala dell'Universo indica che la sua massa è circa 3 volte maggiore di quella osservata (compresa la materia oscura)

Da cosa è prodotta questa espansione?

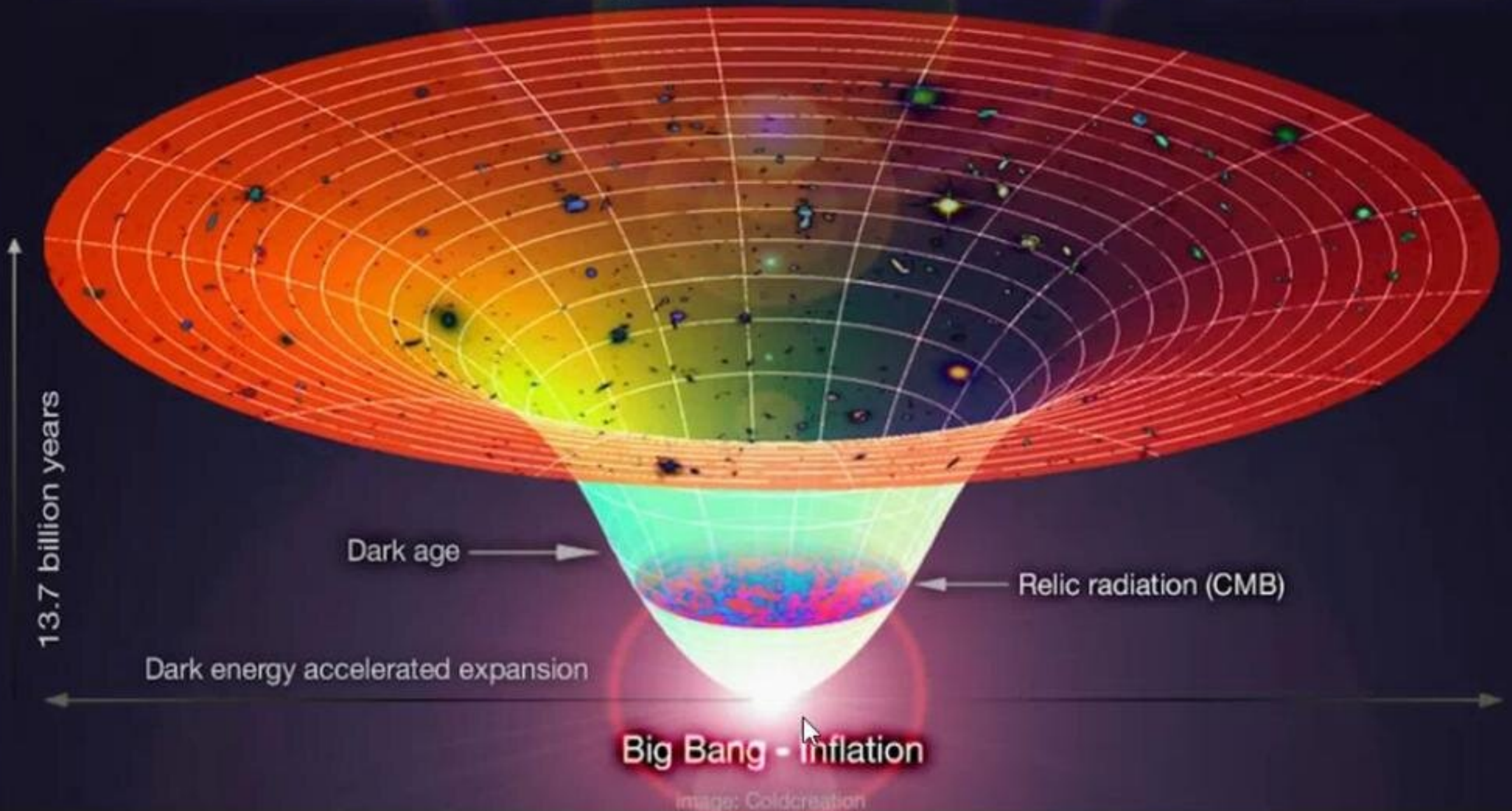
- La geometria a grande scala dell'Universo indica che la sua massa è circa 3 volte maggiore di quella osservata (compresa la materia oscura)
- I $\frac{3}{4}$ della massa mancante dell'universo sono sotto forma di energia e potrebbero costituire un campo di energia repulsiva (pressione negativa), detta Energia Oscura.

Da cosa è prodotta questa espansione?

- La geometria a grande scala dell'Universo indica che la sua massa è circa 3 volte maggiore di quella osservata (compresa la materia oscura)
- I $\frac{3}{4}$ della massa mancante dell'universo sono sotto forma di energia e potrebbero costituire un campo di energia repulsiva (pressione negativa), detta Energia Oscura.
- Tale energia mancante potrebbe altrimenti essere la stessa Costante Cosmologica ideata da Einstein, che comincia a prevalere quando la gravità diminuisce a causa dell'espansione dell'Universo. In tal caso potrebbe trattarsi dell'energia del vuoto prevista dalla MQ.

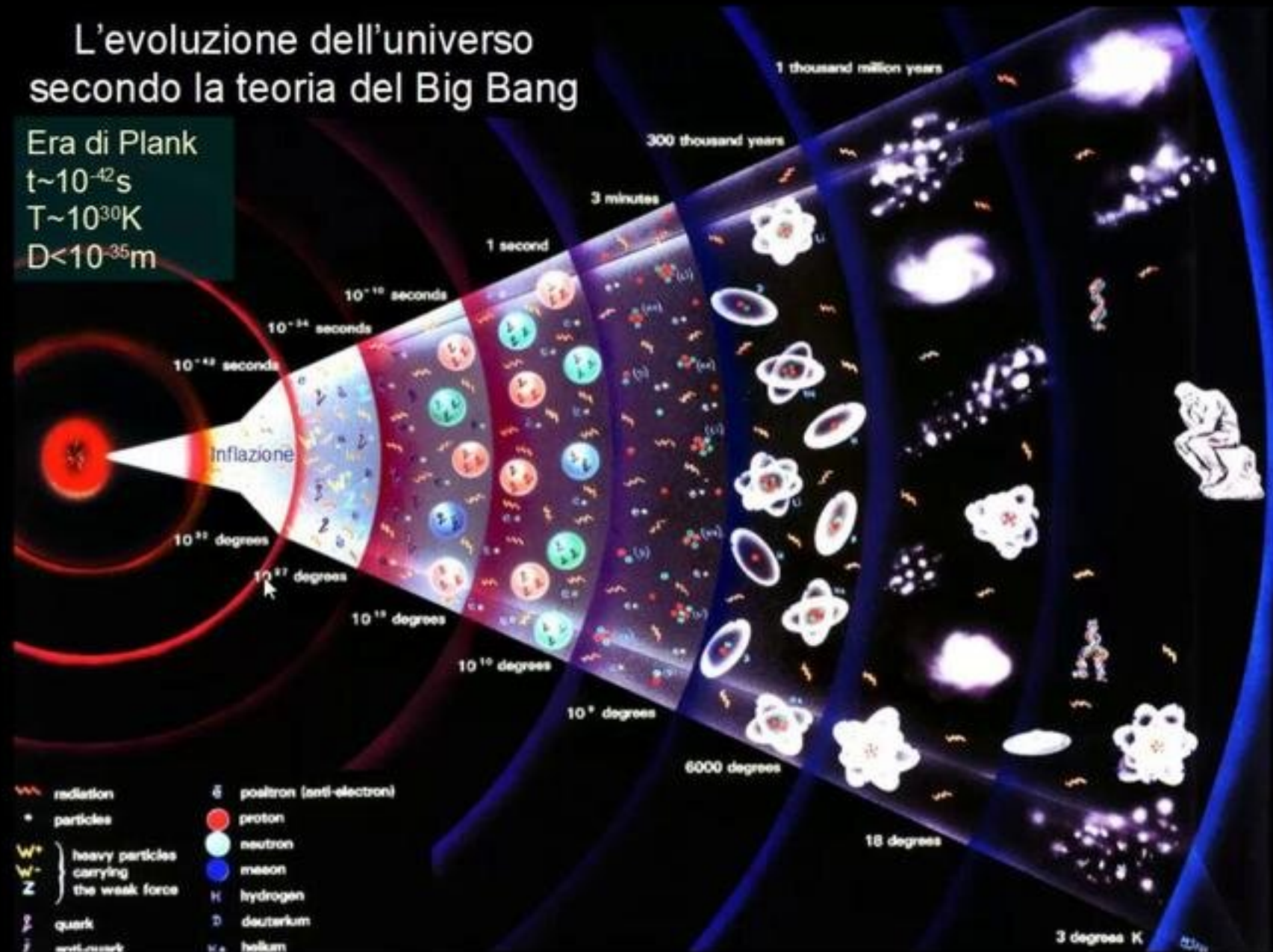


Accelerated Expansion of the Universe



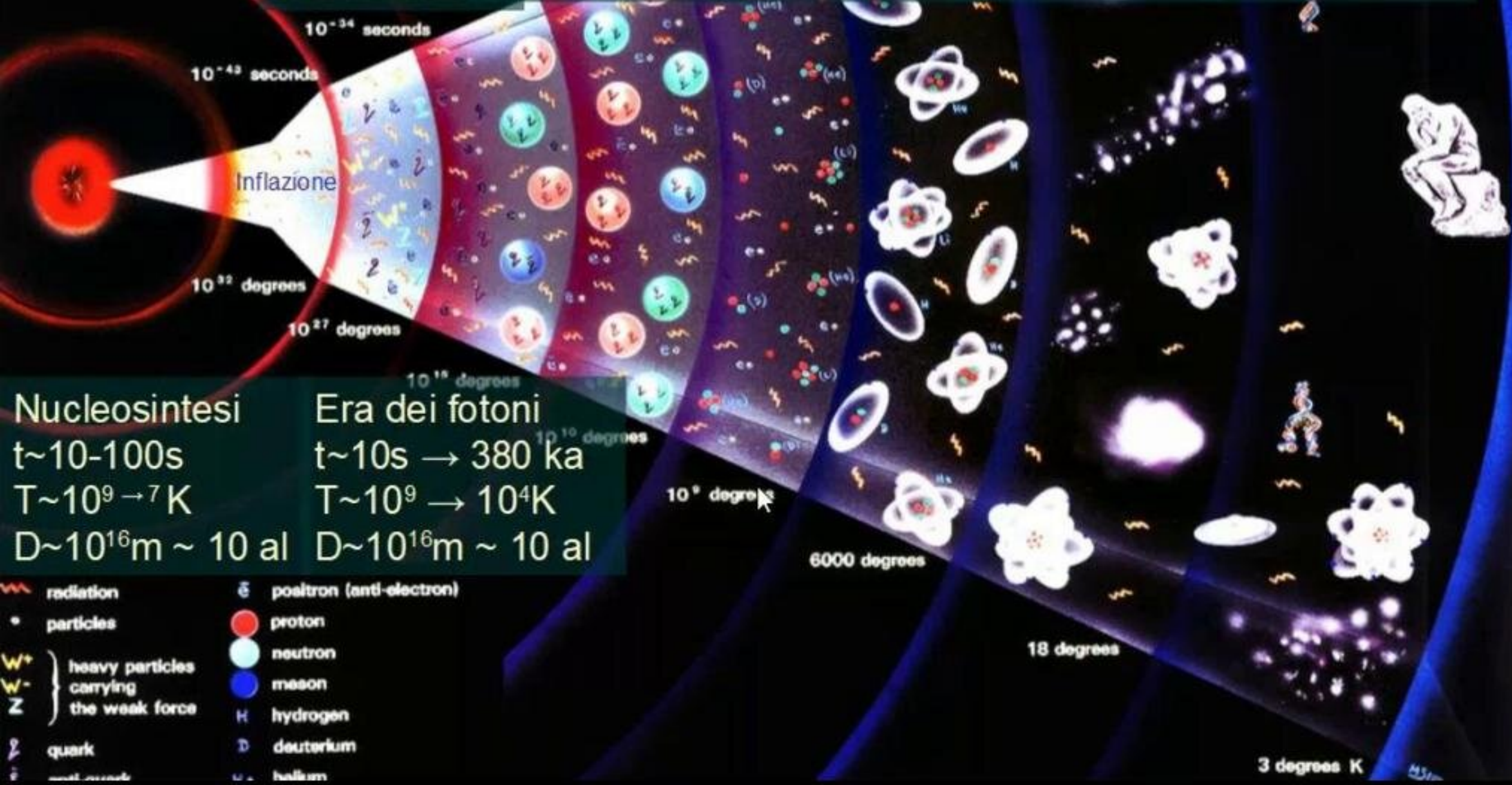
L'evoluzione dell'universo secondo la teoria del Big Bang

Era di Plank
 $t \sim 10^{-42} \text{ s}$
 $T \sim 10^{30} \text{ K}$
 $D < 10^{-35} \text{ m}$

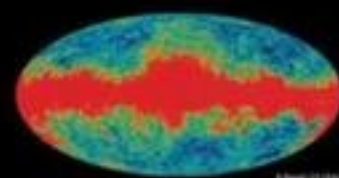
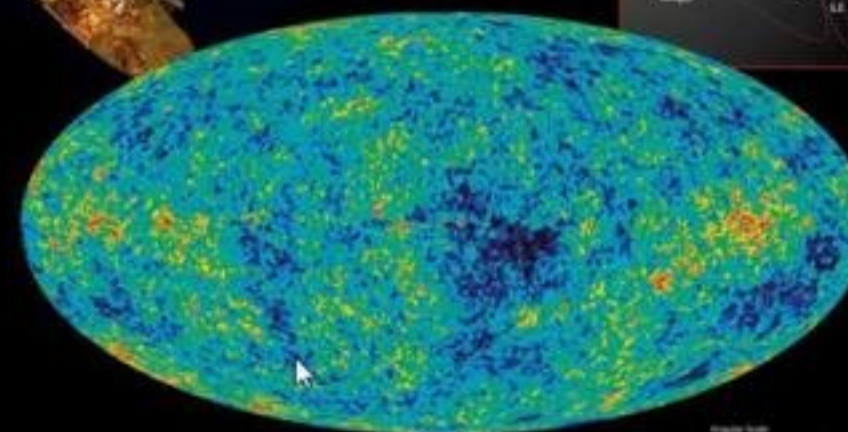
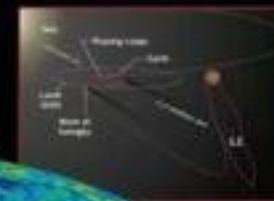


L'evoluzione dell'universo secondo la teoria del Big Bang

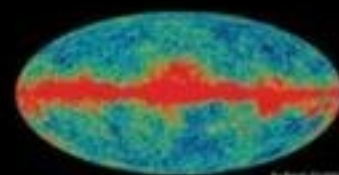
Era di Plank	Era GUT	Inflazione	Elettrodebole	Quark ↔ LHC	Adroni
$t \sim 10^{-42} \text{ s}$	$t \sim 10^{-36} \text{ s}$	$t \sim 10^{-27} \text{ s}$	$t \sim 10^{-9} \text{ s}$	$t \sim 10^{-12} \rightarrow 10^{-6}$	$t \sim 10^{-6} \rightarrow 1 \text{ s}$
$T \sim 10^{30} \text{ K}$	$T \sim 10^{29} \text{ K}$	$T \sim 10^{28} \rightarrow 10^{22} \text{ K}$	$T \sim 10^{15} \text{ K}$	$T \sim 10^{15} \text{ K}$	$T > 10^{10} \text{ K}$
$D < 10^{-35} \text{ m}$	$D < 10^{-26} \text{ m}$	$D \sim 1 \text{ m}$	$D \sim 10^{12} \text{ m}$	$D \sim 10^{12} \text{ m}$	$D \sim 10^{15} \text{ m}$
	3 f.e. unificate				



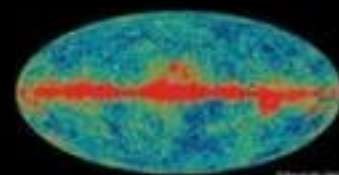
WILKINSON MICROWAVE ANISOTROPY PROBE (WMAP)



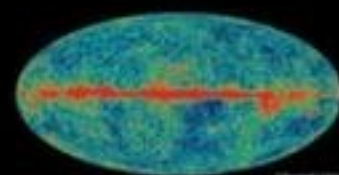
1 Band (2010)



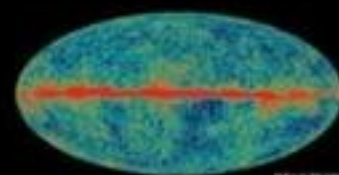
2 Band (2010)



3 Band (2010)

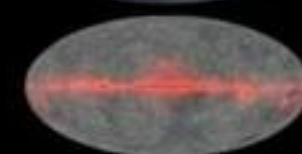
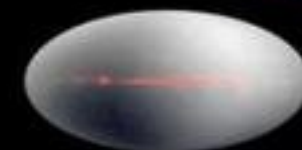


4 Band (2010)

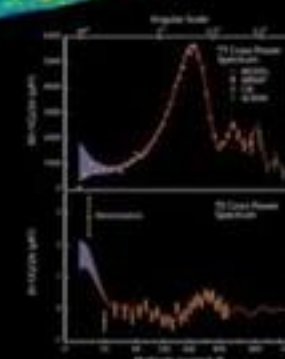


5 Band (2010)

WMAP Full Sky Map



WMAP Temperature in Cosmic Microwave Background



6 Band (2010)



7 Band (2010)



8 Band (2010)



9 Band (2010)



10 Band (2010)

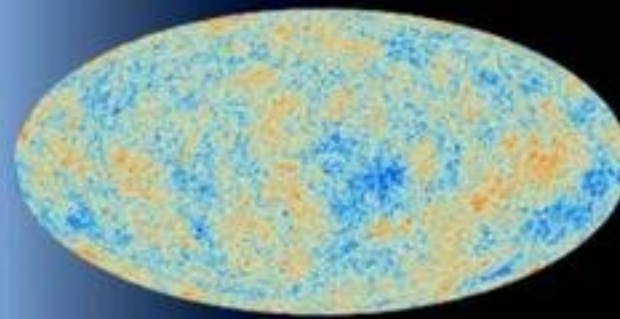
WMAP Temperature



Goddard Space Flight Center • Princeton University • University of Chicago • UCLA • University of British Columbia • Brown University
<http://map.gsfc.nasa.gov> • <http://lambda.gsfc.nasa.gov>



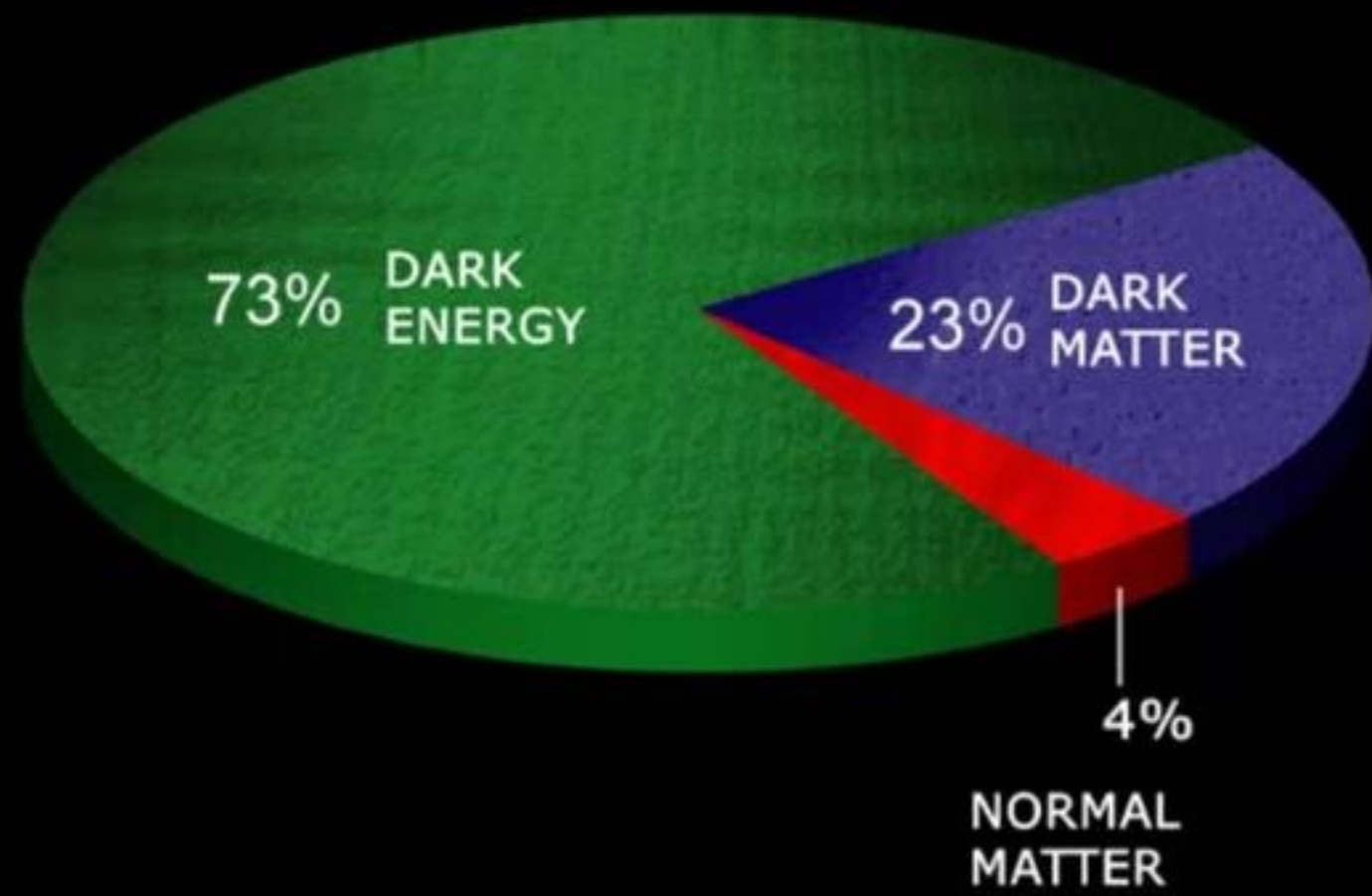
WMAP is a NASA mission



Lo studio della radiazione di fondo cosmico fornisce una vasta quantità di dati sull'universo:

Parametro	Valore
Costante di Hubble	71 km/Mpc•s
Contenuto barionico	2,24 % $\pm$ 0,09
Contenuto di materia	13.5 % $\pm$ 0.8
Densità totale dell'universo	$\Omega = 1,02 \pm 0,02$
Età dell'universo (Ga)	13,7 $\pm$ 0,2
Geometria globale dell'universo	Euclidea (curvatura nulla)

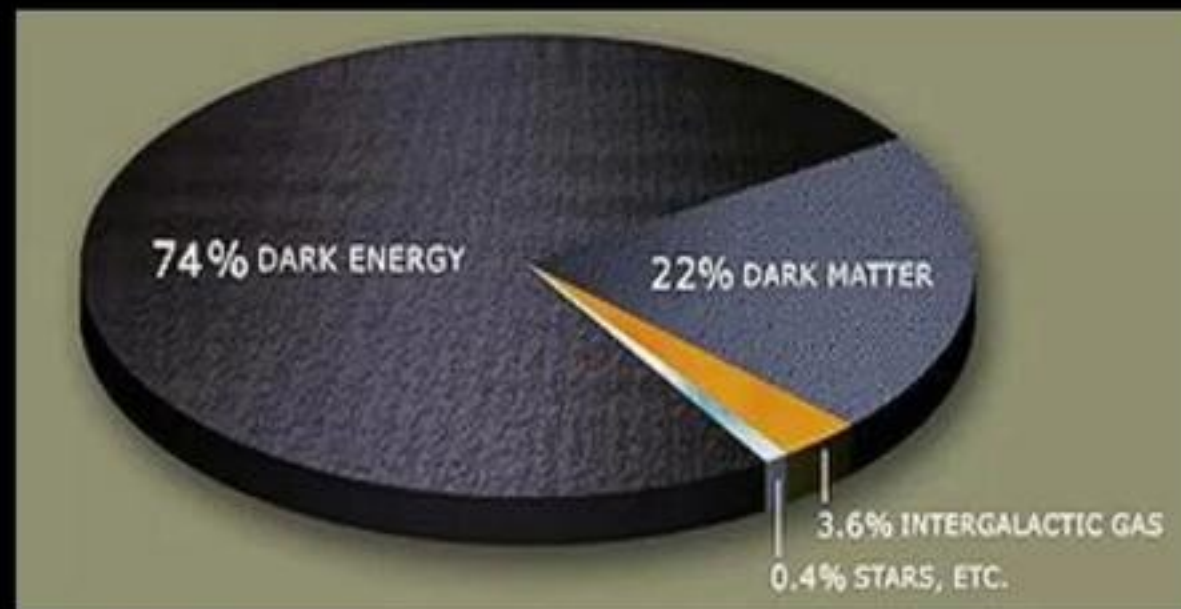




NASA/CXC/M.Weiss

L'Universo è quindi così composto:

- 4% - materia "ordinaria" (per lo più invisibile)
- 22% - una misteriosa materia oscura
- 74% - un misterioso campo di energia a pressione negativa



Non sappiamo cosa componga il 96% dell'universo, e della restante parte possiamo vedere solo 1/9!



Accademia delle Stelle

[HOME](#)[CHI SIAMO](#)[CORSI DI ASTRONOMIA](#)[EVENTI](#)[CANALI](#)[ARTICOLI](#)[CHIEDI ALL' ESPERTO](#)[CONTATTI](#)

Benvenuto nel sito dell'Accademia delle Stelle

L'Accademia delle Stelle organizza corsi di astronomia, osservazioni al telescopio ed eventi a tema scientifico: vacanze astronomiche, streaming di fenomeni celesti, lezioni di astronomia per le scuole, conferenze, star party, scuole di astronomia, gite in montagna con i telescopi e tanti altri [eventi](#). Per conoscerli basta iscriversi alla nostra [newsletter](#); per richiederli [contattateci](#)! Qui trovate gli [aggiornamenti](#). (La nostra [Pagina Facebook](#))

ACCADEMIA DI ASTRONOMIA

Calendario corsi astronomia



CORSO BASE DI ASTRONOMIA GENERALE

Gennaio-marzo 2024



Il Corso di Astronomia "Alla Scoperta del Cielo" dell'Accademia delle Stelle è un viaggio nell'affascinante mondo dell'Astronomia, "dalle fasi lunari al Big

CORSO COMPLETO DI FOTOGRAFIA ASTRONOMICA

Gennaio - marzo 2024



PRIMA DI COMPRARE UN TELESCOPIO

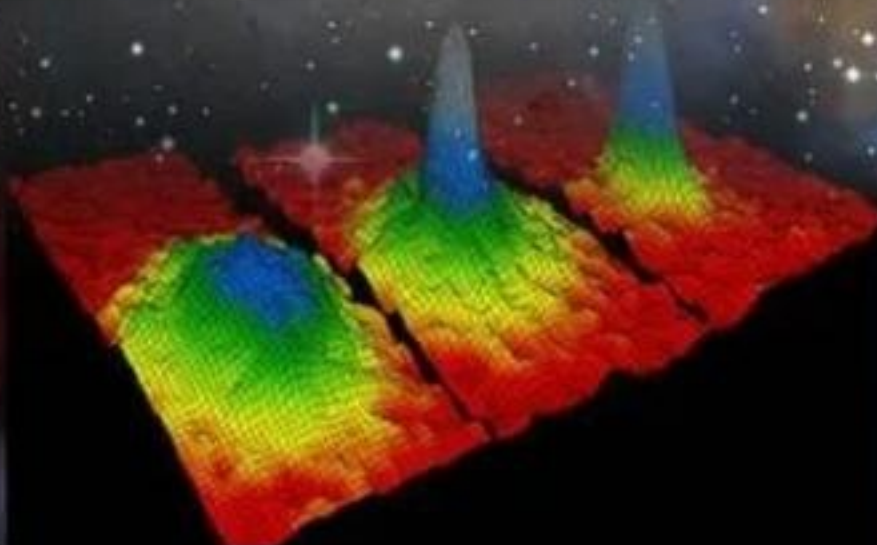
I migliori modelli economici





Accademia delle Stelle

*Corso avanzato di Astronomia,
Astrofisica e Cosmologia*



...in Reihe befindet,

$$\gamma = \frac{Mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

gelte für den Zustand

AdS

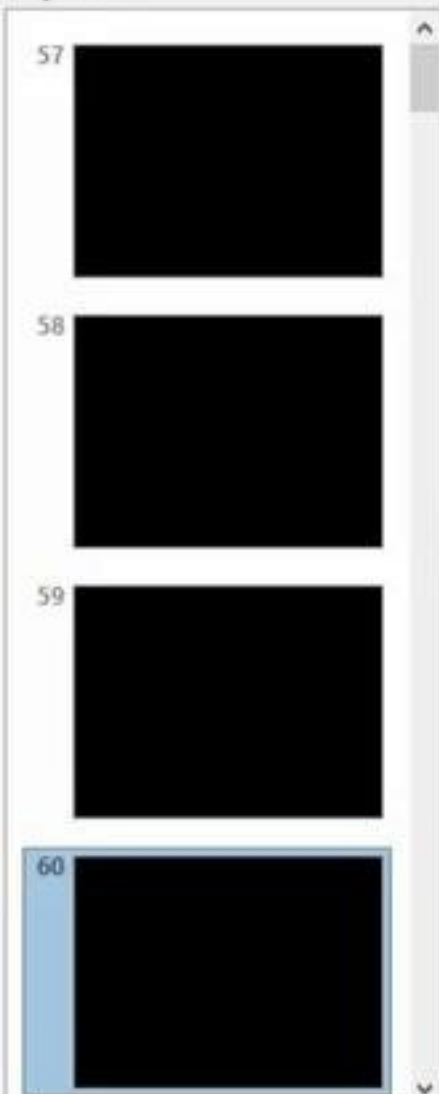
Accademia delle Stelle

*Corso di Archeoastronomia e
Astronomia Culturale*

Da giovedì 10 aprile



Diapositive



Normale Struttura Note Stampati Ordine diapositive



Proprietà

Testo

Paragrafo

Immagine

Luminosità: 0 % Contrasto: 0 %

Modalità colore: Trasparenza: 0 %

0 % 0 % 0 % 0.10

Linea

Larghezza: Colore:

Stile: Trasparenza:

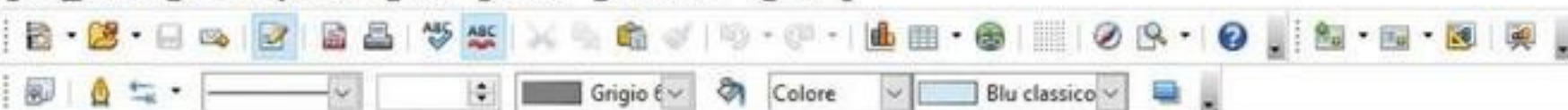
Freccia:

Stile angolo Stile capo

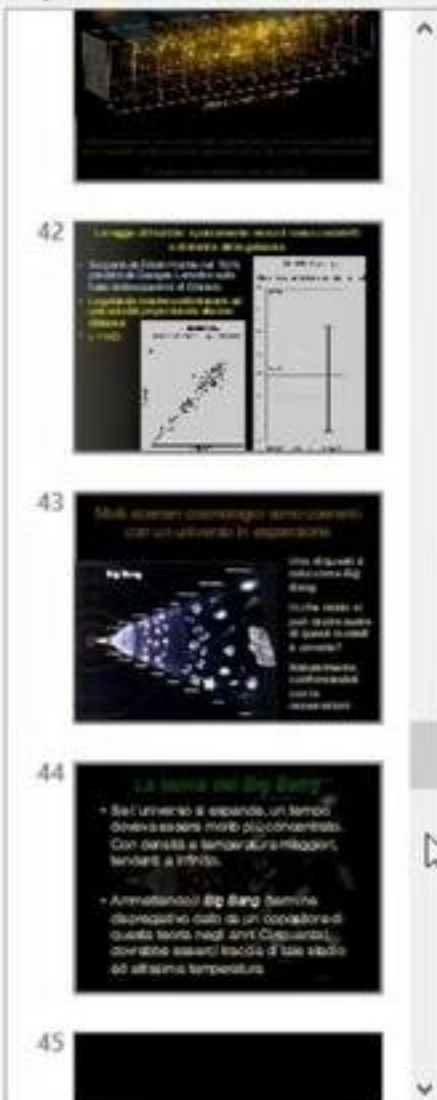
Posizione e dimensione...

Bitmap selezionato





Diapositive



Normale Struttura Note Stampati Ordine diapositive



Proprietà

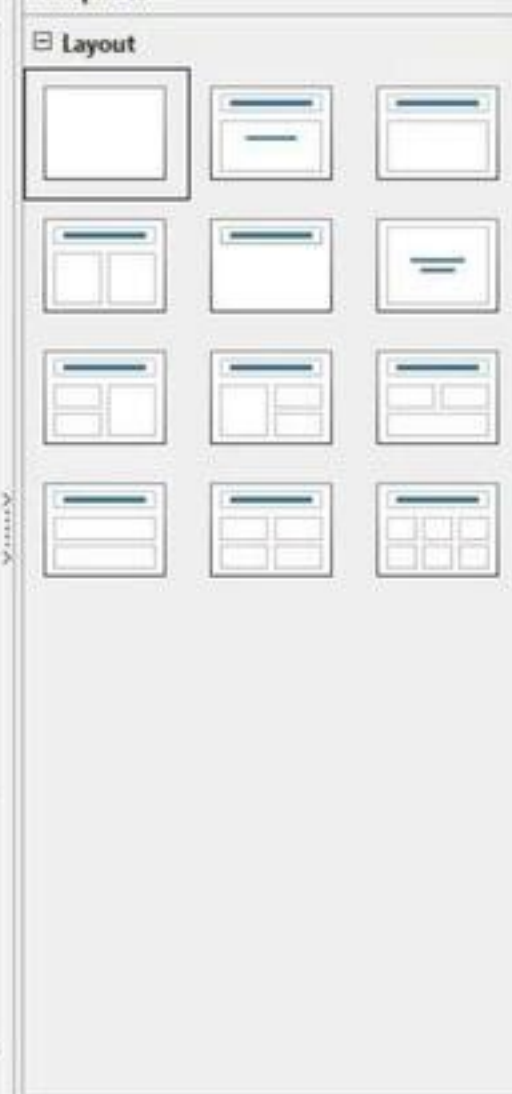
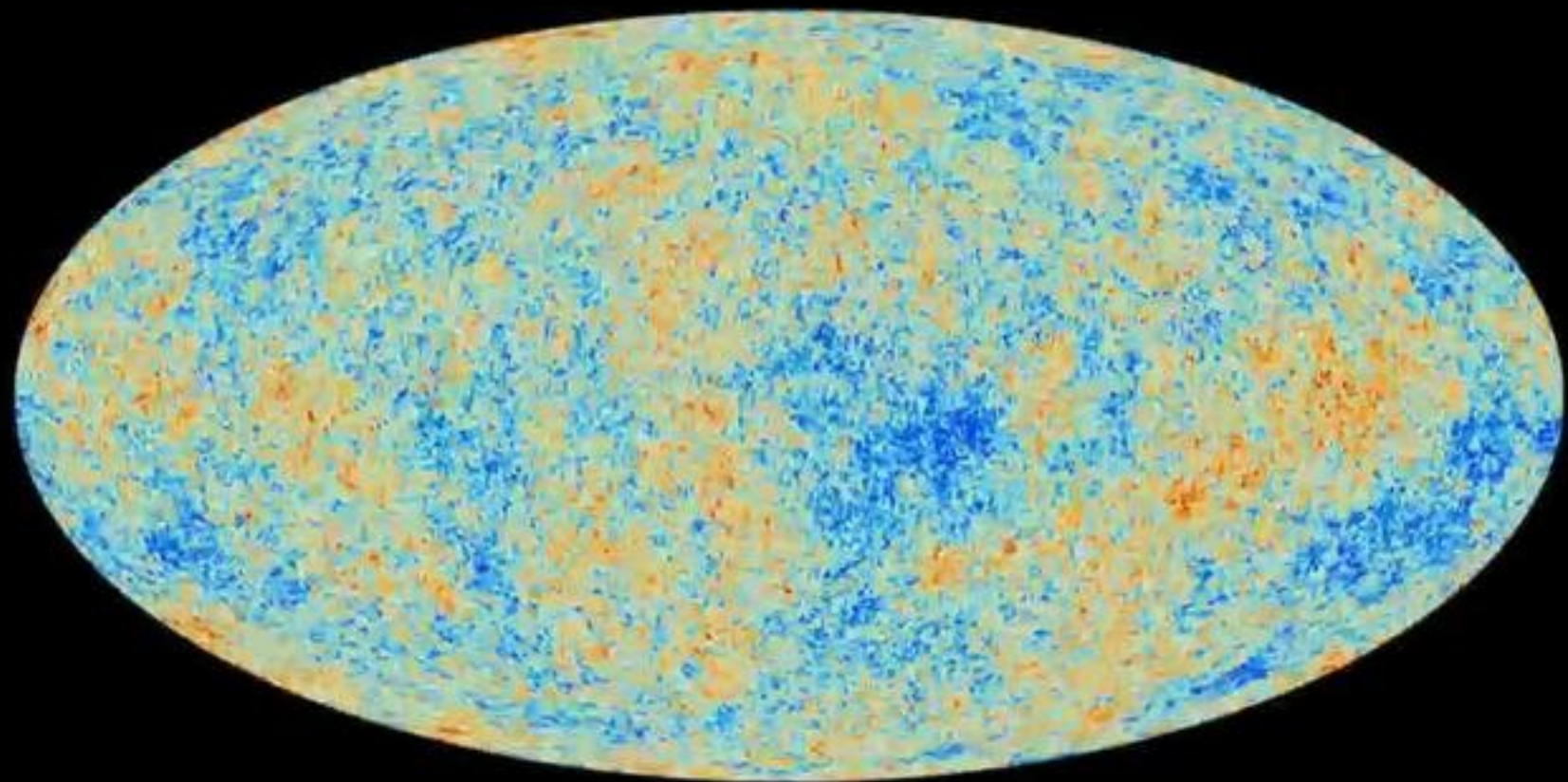


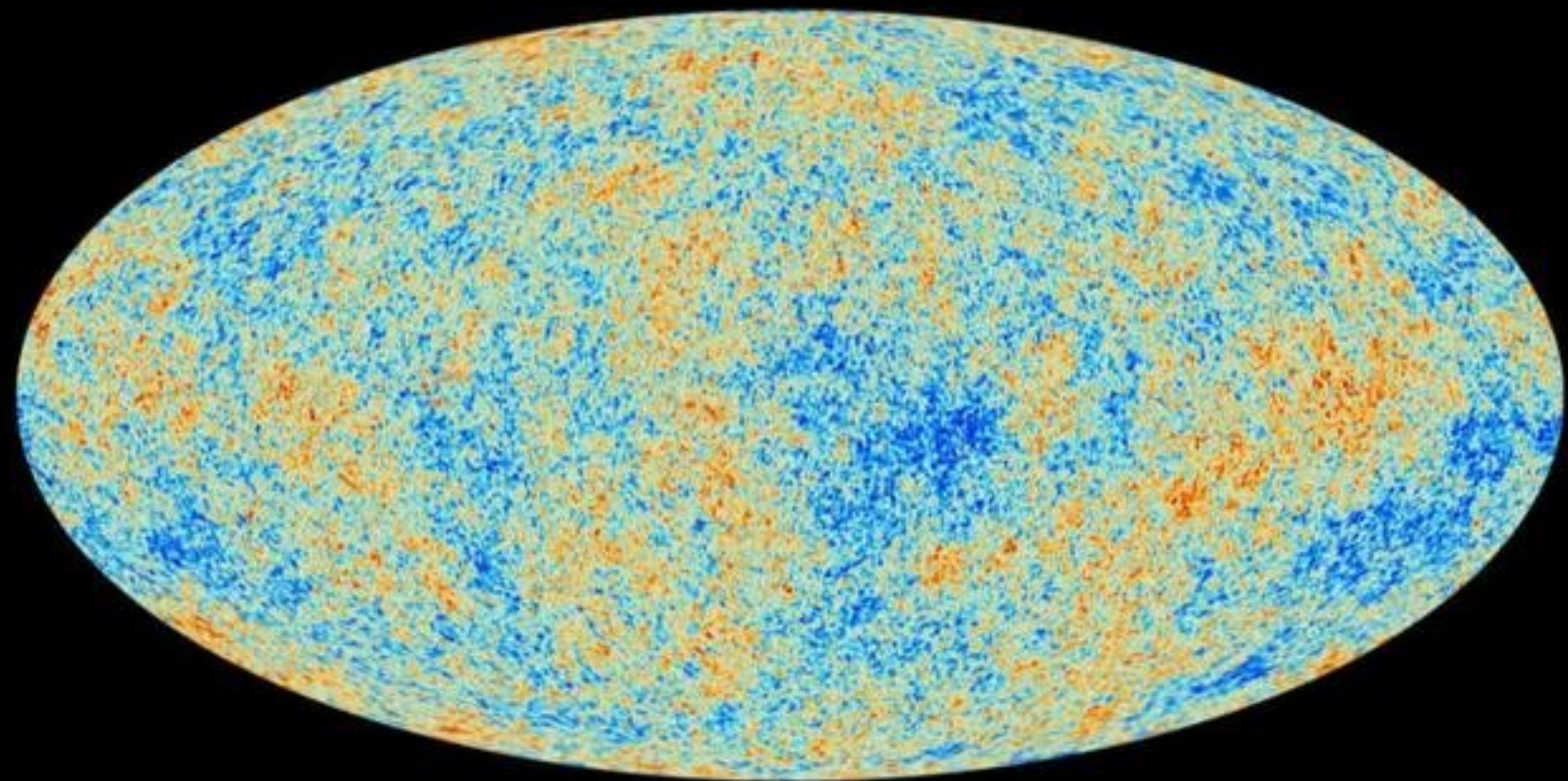
Immagine dell'universo 380.000 anni dopo il Big Bang



La più dettagliata mappa della radiazione cosmica di fondo, ripresa dal satellite europeo Planck, pubblicata nel 2013.



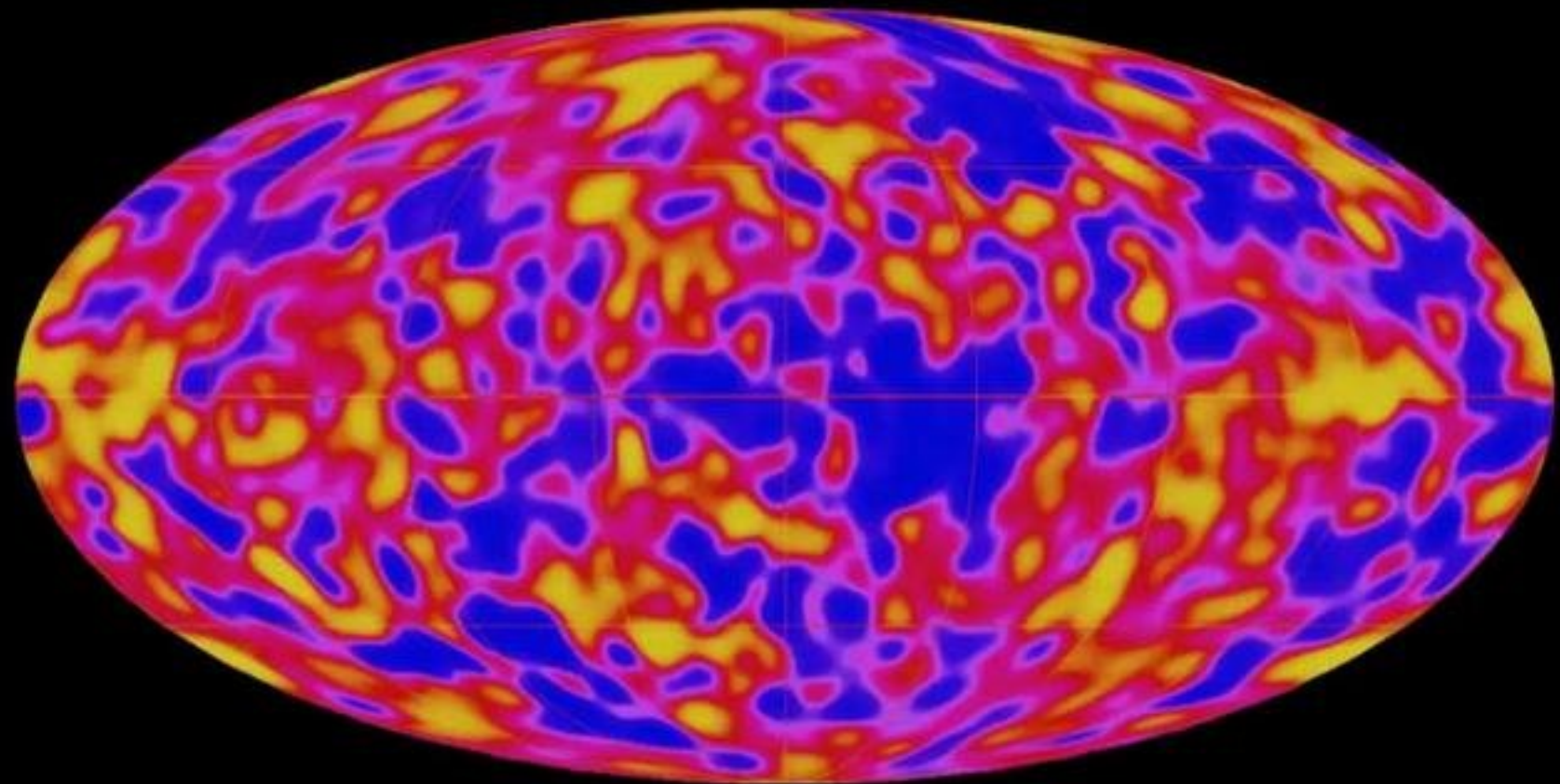
Immagine dell'universo 380.000 anni dopo il Big Bang



La più dettagliata mappa della radiazione cosmica di fondo, ripresa dal satellite europeo Planck, pubblicata nel 2013.



Immagine dell'universo 380.000 anni dopo il Big Bang



La prima immagine dettagliata della radiazione cosmica di fondo, ripresa dal satellite NASA COBE, pubblicata nel 1993.



Come finirà l'universo?

Se l'espansione sarà
infinita...

1) morte termica



Come finirà l'universo?

Se l'espansione sarà
infinita...

1) morte termica

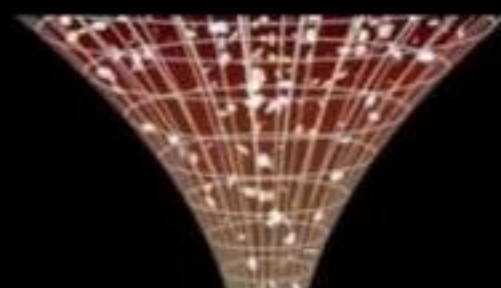
Come finirà l'universo?

Se l'espansione sarà
infinita...

1) morte termica

2) nascita di un
nuovo universo

www.astro.unipi.it/~astrofisica

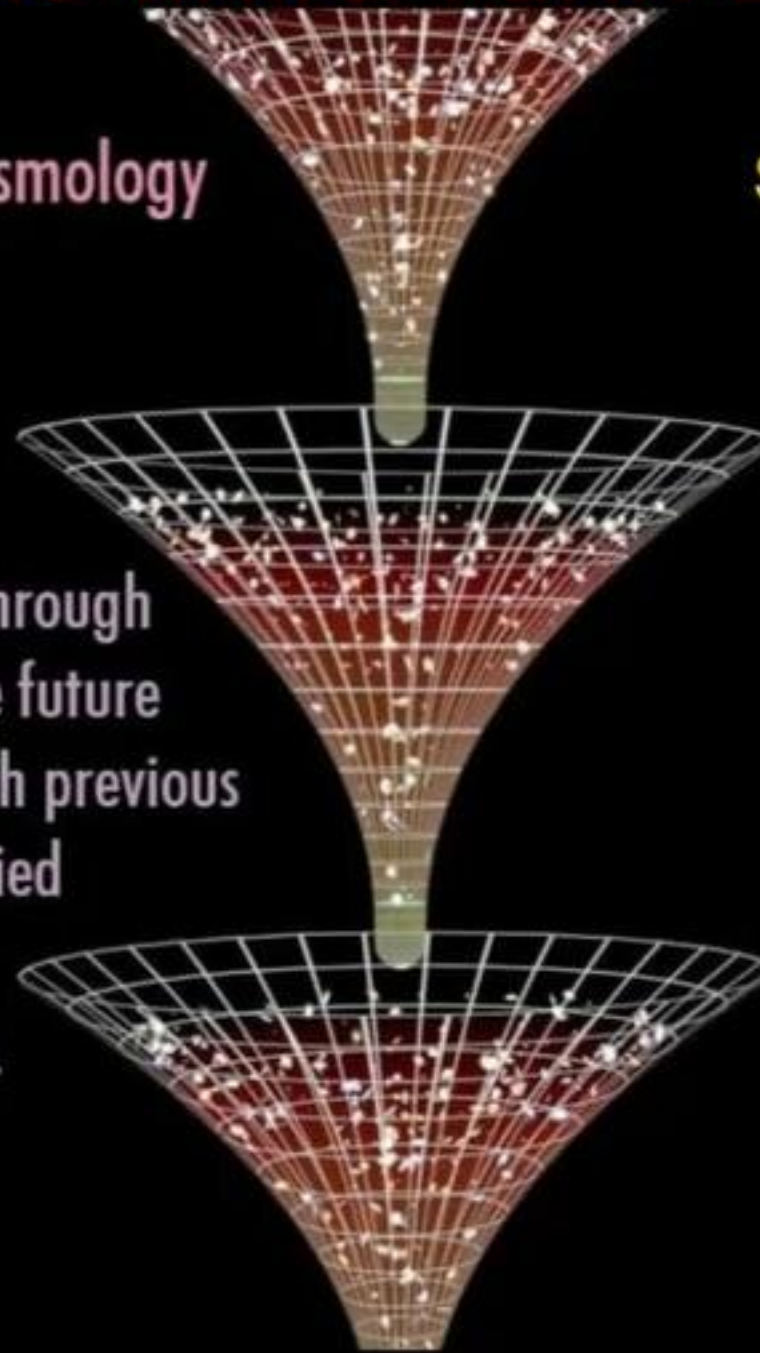


Come finirà l'universo?

Conformal Cyclic Cosmology

The theoretical physicists
Roger Penrose and
Vahe Gurzadyan
propose that

the universe iterates through
infinite cycles, with the future
timelike infinity of each previous
iteration being identified
with the Big Bang
singularity of the next.



Se l'espansione sarà
infinita...

- 1) morte termica
- 2) nascita di un
nuovo universo

Come finirà l'universo?

Conformal Cyclic Cosmology

The theoretical physicists
Roger Penrose and
Sean Carroll

Se l'espansione sarà
infinita...



Come finirà l'universo?

Conformal Cyclic Cosmology

The theoretical physicist
Roger Penrose and
Sean Carroll
propose that
the universe evolves through
infinite cycles, with the future
timelike infinity of each previous
iteration being identified
with the Big Bang
singularity of the next.

Se l'espansione sarà
infinita...

- 1) morte termica
- 2) nascita di un
nuovo universo



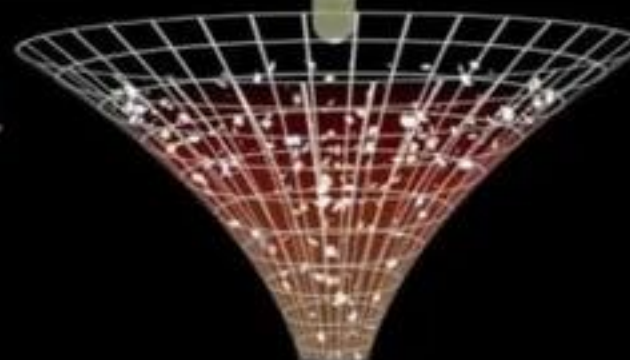
9-Cosmologia.ppt - OpenOffice Impress



GoTo Meeting

parte termica

iteration being identified
with the Big Bang
singularity of the next.



Come finirà l'universo?

Conformal Cyclic Cosmology

The theoretical physicists
Roger Penrose and
Vahe Gurzadyan
propose that

the universe iterates through
infinite cycles, with the future
timelike infinity of each previous
iteration being identified
with the Big Bang
singularity of the next.

Se l'espansione sarà
infinita...

- 1) morte termica
- 2) nascita di un
nuovo universo

