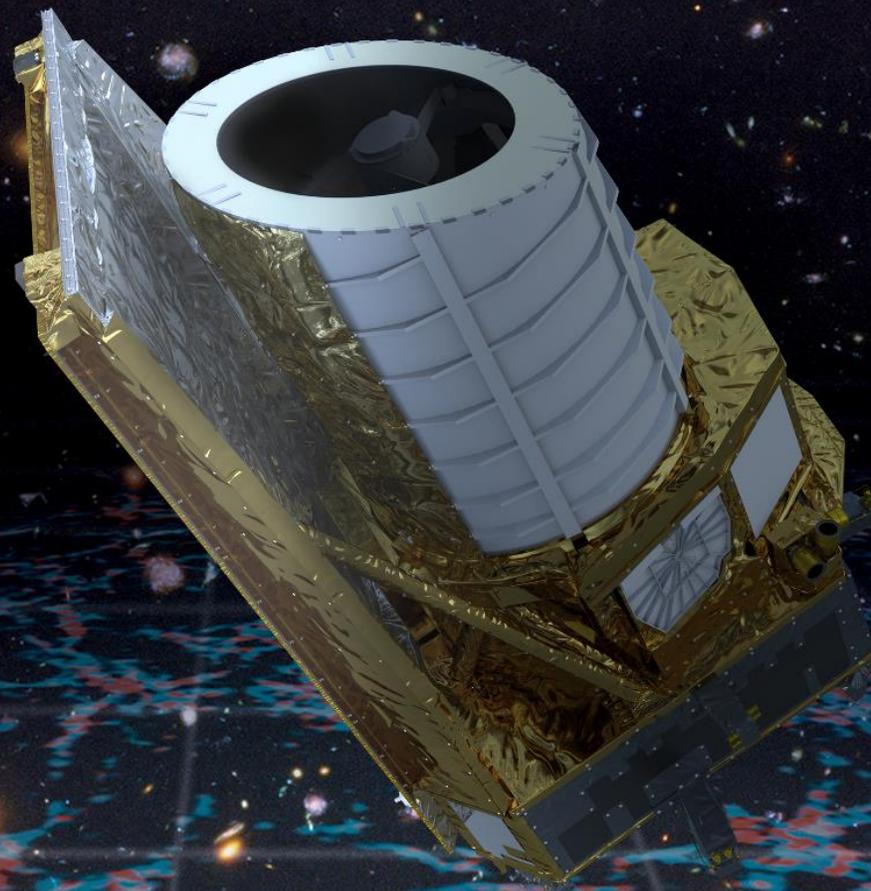


# La missione spaziale Euclid e il lato Oscuro dell'Universo



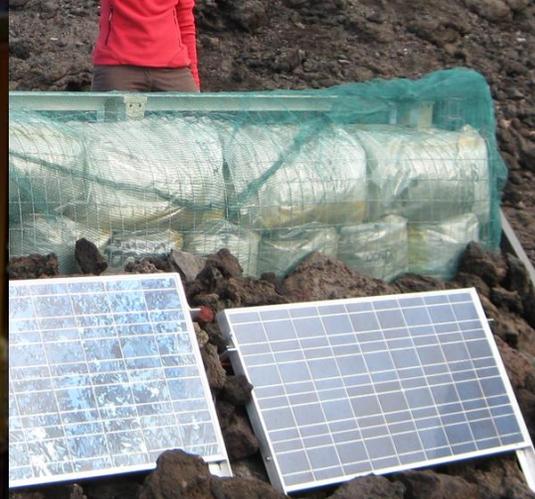
*Chiara Sirignano*  
6 febbraio 2025 – XXIII edizione Giornata Fermiana



# Chi sono ? Fotografo in neutrini e altre particelle...

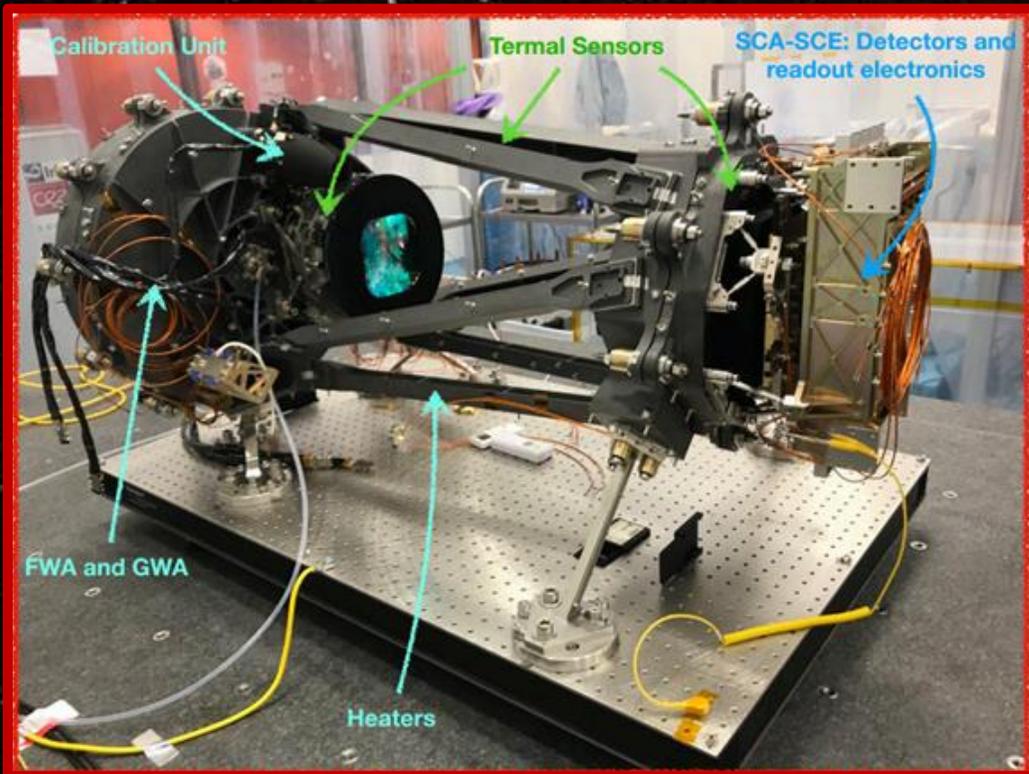


Meccanico

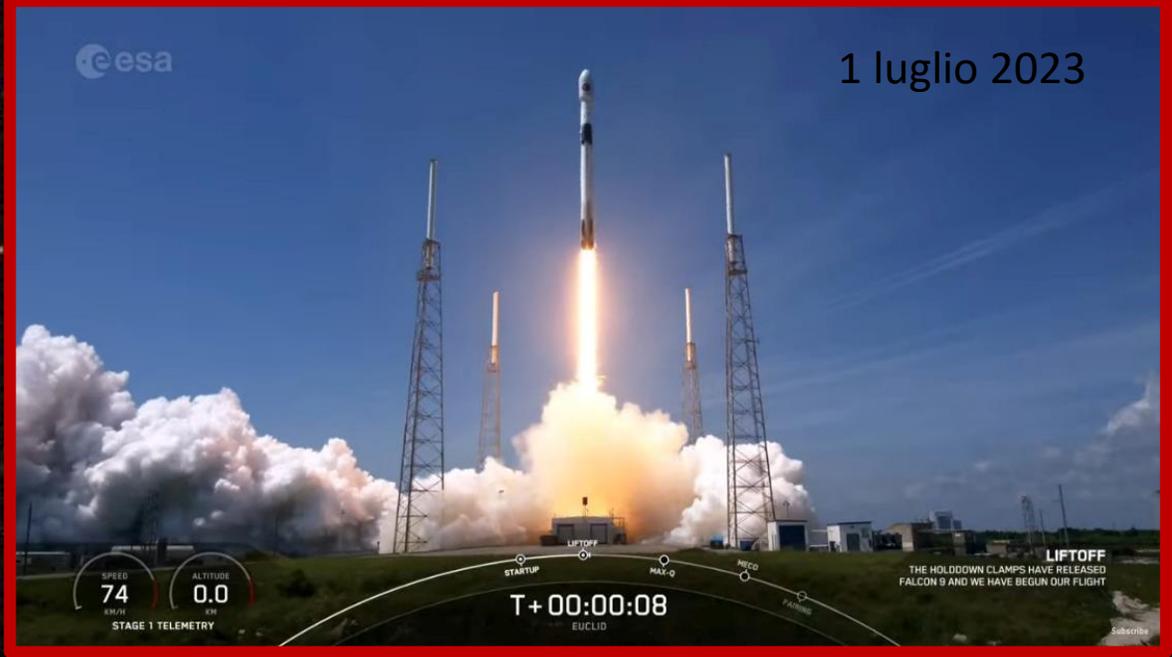


I neutrini sono le più sfuggenti tra le particelle elementari ... eppure lasciano tracce un poco dappertutto... dalle centrali nucleari all'interno del pianeta terra, dai processi di fusione nucleare all'interno delle stelle all'esplosione delle Supernovae...nei primi istanti di vita dell'Universo...

*Dal 2015 - .... Fotografia di stelle e galassie lontane con Euclid*



2020



Dopo una lunghissima fase di test,  
dal primo luglio 2023 Euclid è in volo  
e ci regala molte emozioni.....  
e splendide immagini

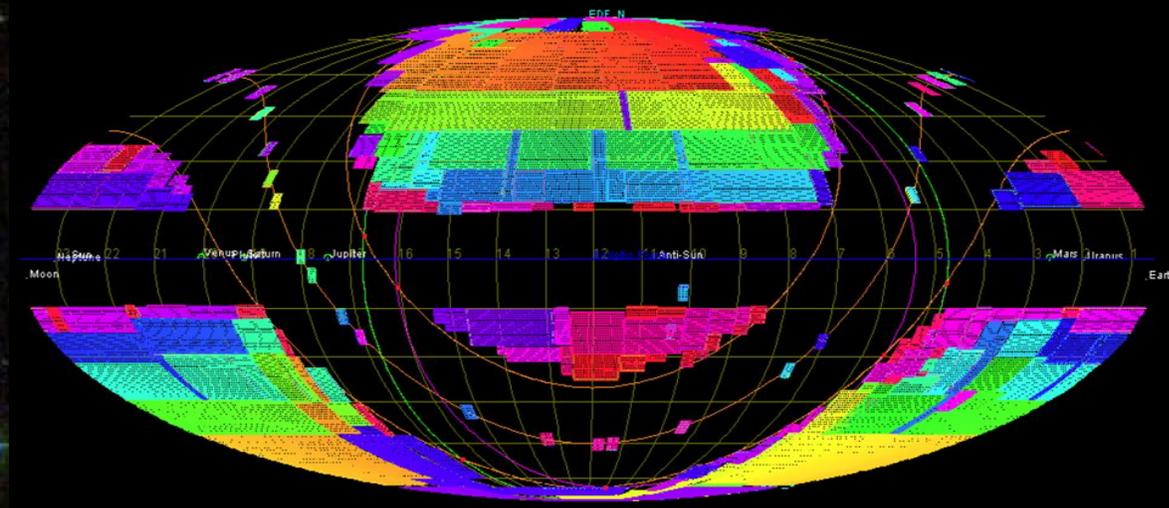




*Euclid è una missione scientifica dell'Agenzia Spaziale Europea a cui partecipano circa 1500 tra fisici, astronomi ed ingegneri di oltre 200 istituzioni (Europa, Giappone e USA).*

*Lo scopo della missione è osservare il cielo nel visibile e nell'infrarosso per costruire una mappa accurata tridimensionale di materia luminosa e oscura.*

*Il satellite si trova ad una distanza di 1.5 milioni di km dalla Terra, sta raccogliendo immagini e continuerà per almeno altri 6 anni fino ad arrivare ad osservare circa due miliardi di galassie in una porzione di cielo pari a più di un terzo del totale osservabile.*



*Da sempre guardiamo il cielo....*





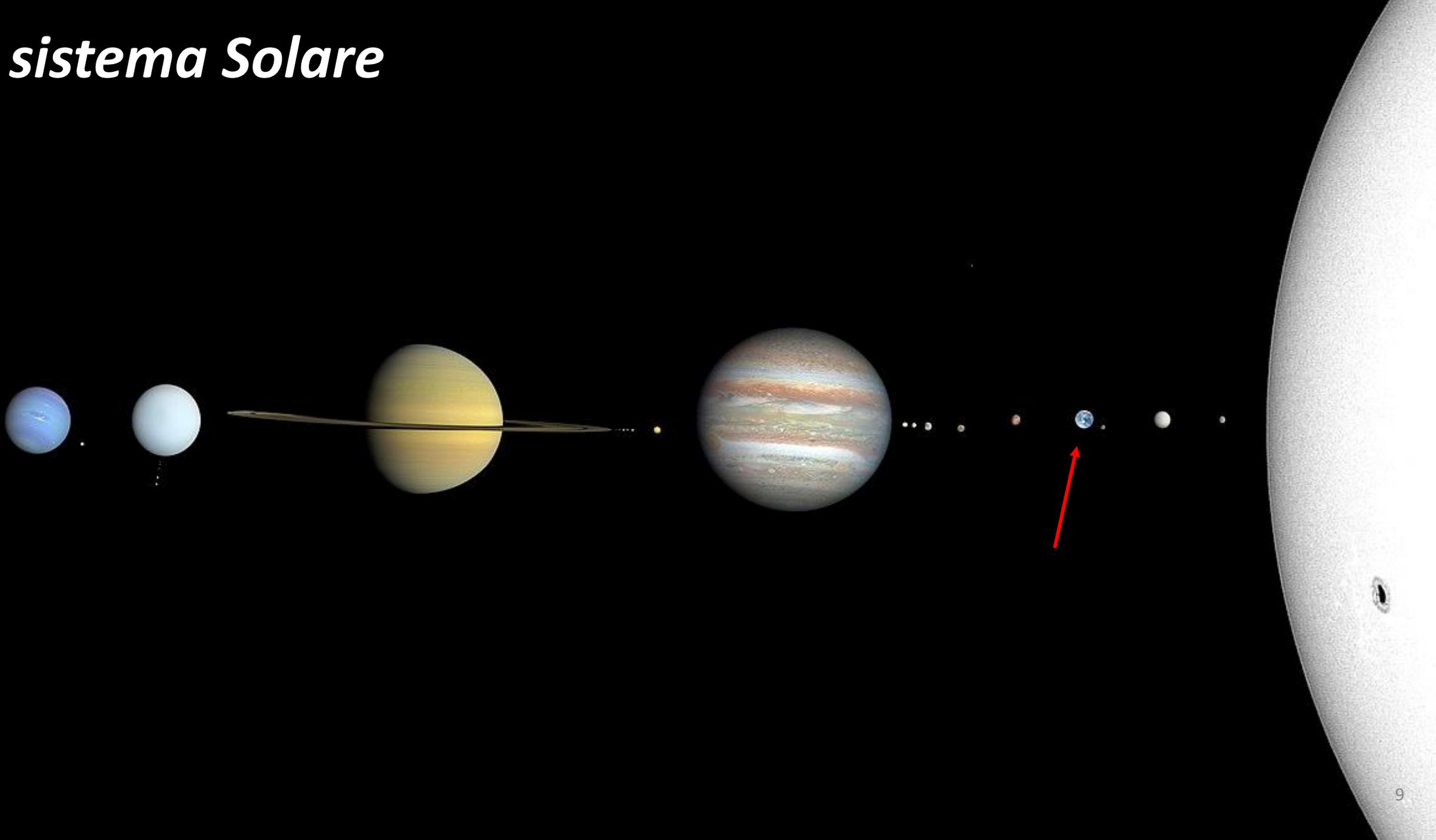
*Credits A. Gasparotto*

## *Guardando il cielo : la nostra galassia*



Nel 1700 Herschel mostrò che il sistema solare è incastonato in un ampio raggruppamento di miliardi di stelle: la Via Lattea

# *Il sistema Solare*



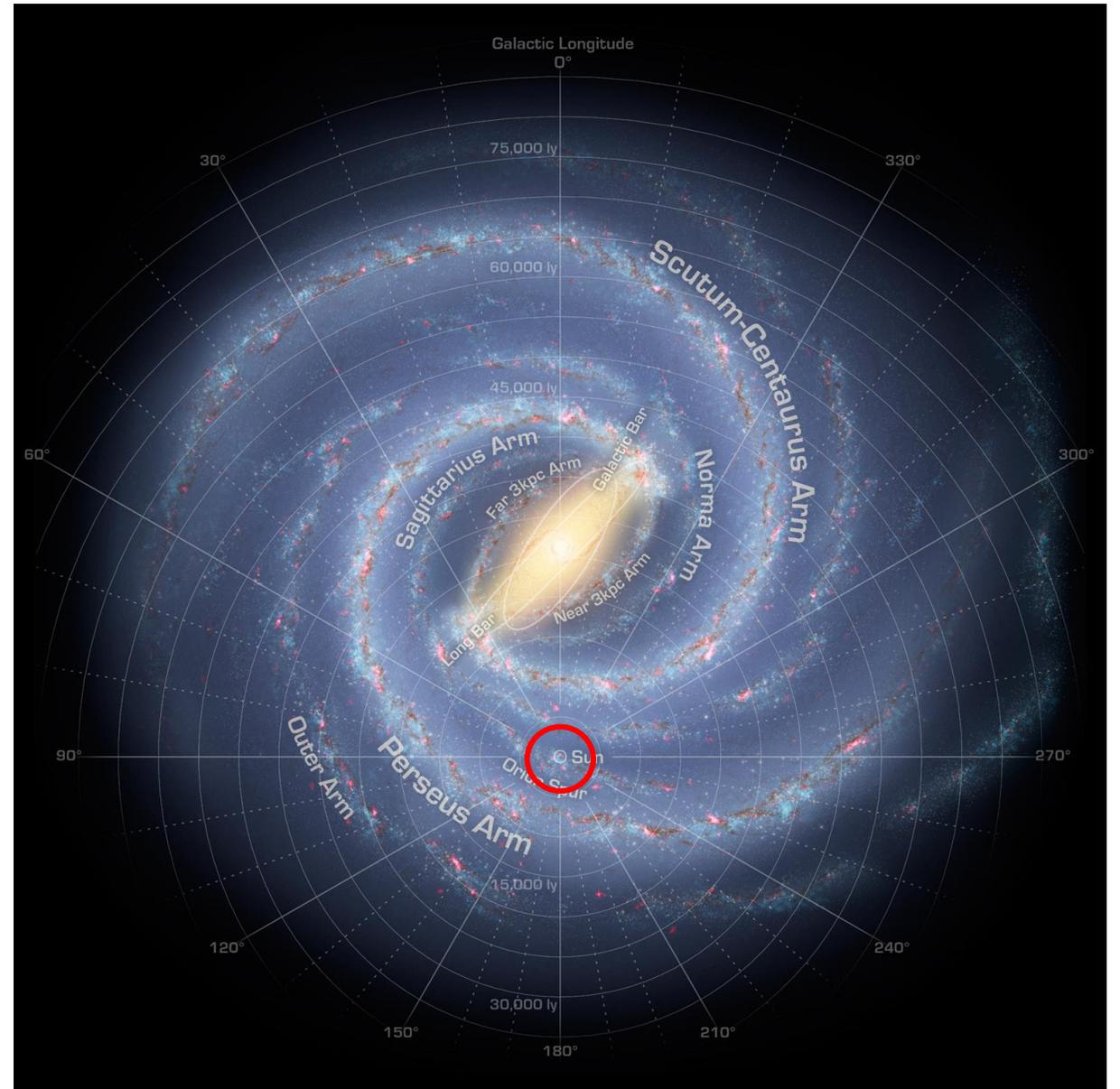
# La Via Lattea

*Il sistema solare appartiene alla Via Lattea, la nostra galassia.*

All'interno delle galassie le stelle, i sistemi stellari, i gas e le polveri sono legati dalla forza di gravità.

La Via Lattea è una galassia a **spirale barrata**: al centro si trova una struttura a barra formata da stelle. Fuori dalla struttura a barra, le stelle, i gas e le polveri formano una struttura a spirale.

Il sistema solare si trova a circa **27000 anni luce** dal centro della galassia.



*M33*



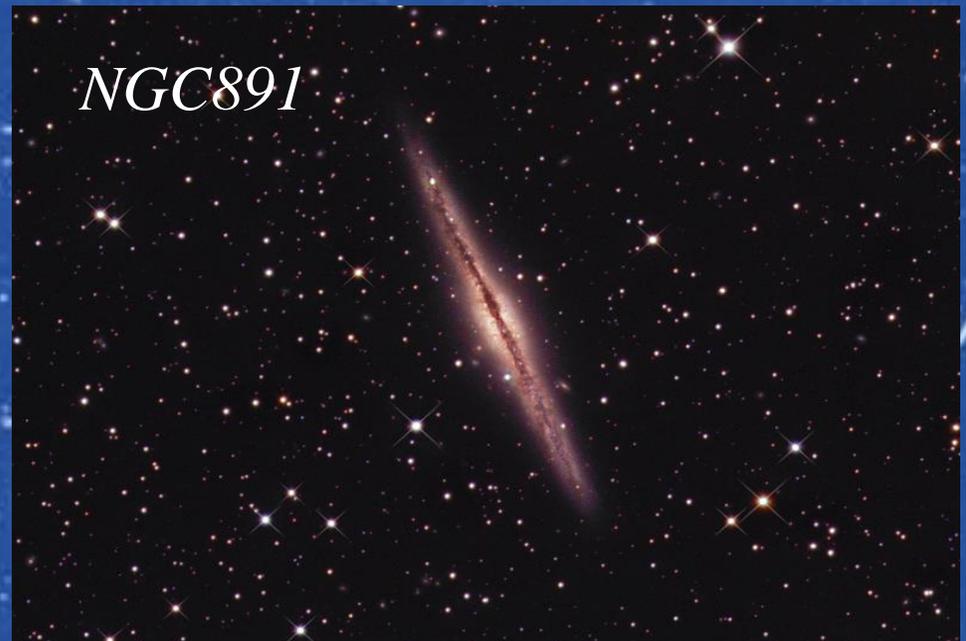
*M31 Andromeda*

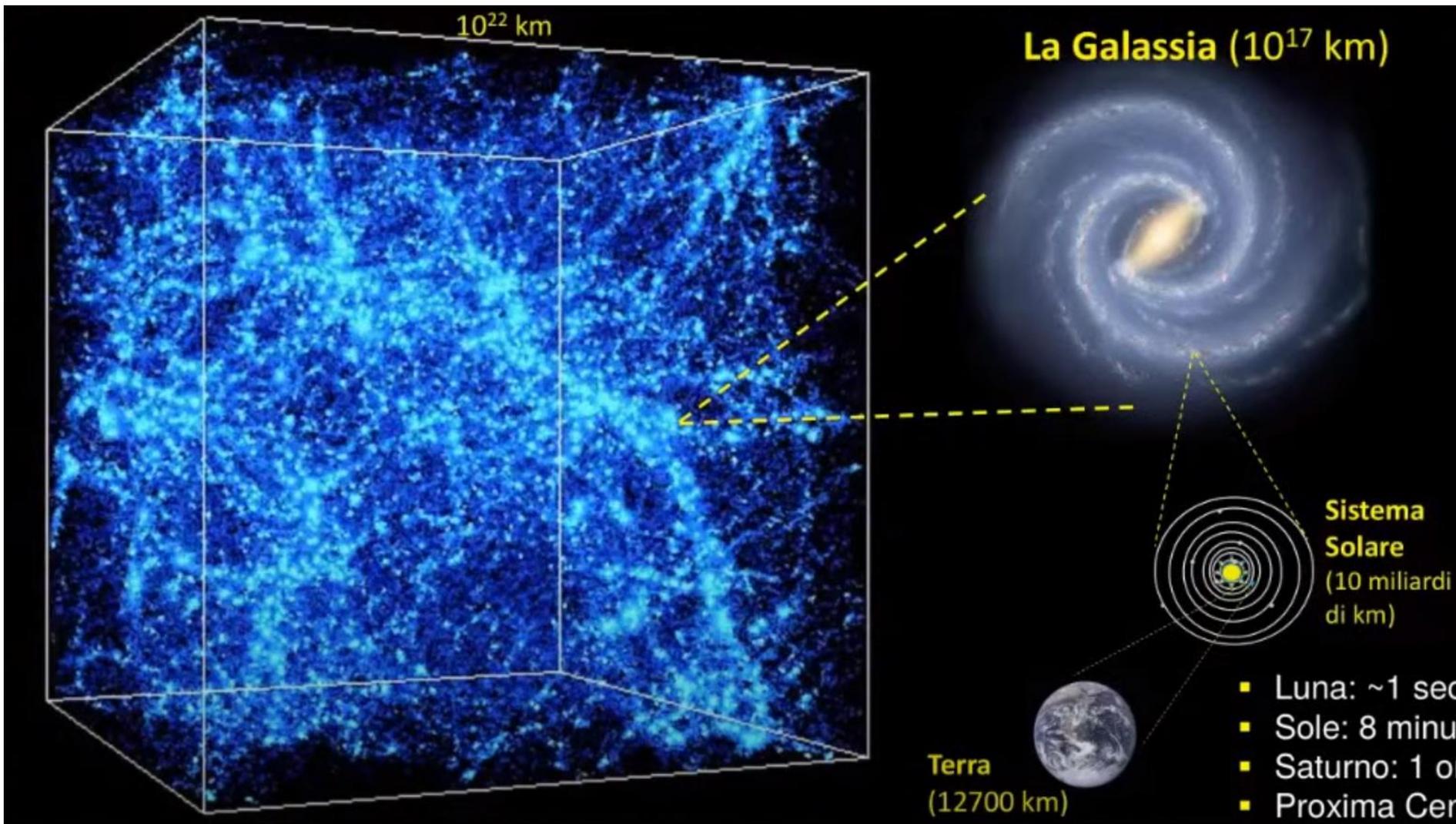


*M81*



*NGC891*





- Luna: ~1 secondo
- Sole: 8 minuti
- Saturno: 1 ora
- Proxima Centauri: 4.2 anni
- Galassia di Andromeda: 2.5 milioni di anni
- Galassie più distanti ~13 miliardi di anni

*Ricordiamoci che....  
 La Terra si trova a 150 000 000 km dal Sole  
 La luce percorre 300 000 km in un secondo*

**1 anno luce** = spazio percorso dalla luce in 1 anno  
 (9500 miliardi di km)

# HST – eXtreme Deep Field



Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky



23 giorni di osservazione (2012)



***James Webb Space Telescope  
Luglio 2022***

Come si sono formate le stelle?  
Le galassie e tutto ciò che vediamo nell'Universo osservabile?

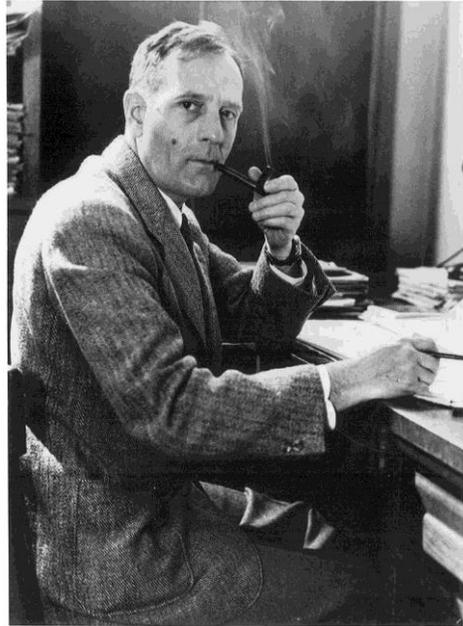
Qual è stata l'origine del tutto?

Quando?

L'Universo è nato così? Sarà così per sempre?

## Un poco di storia ...

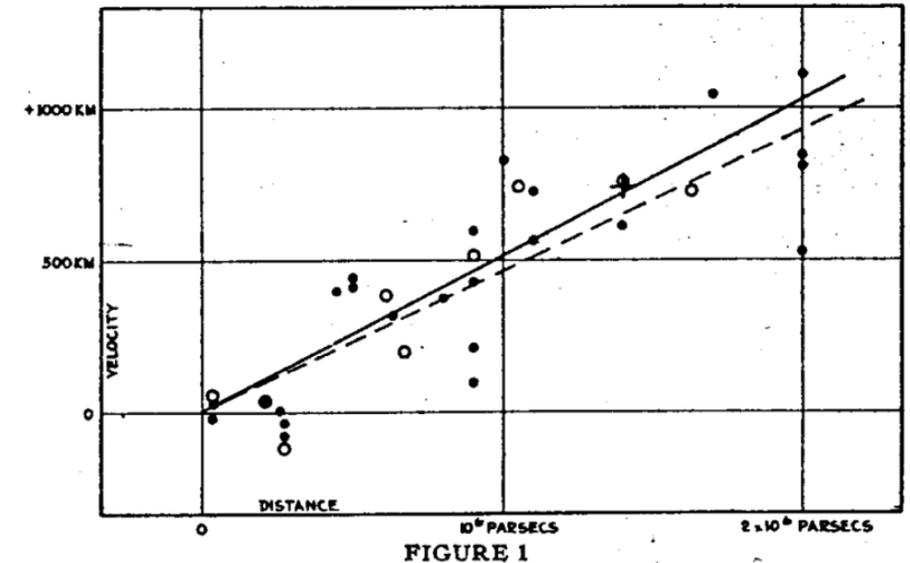
Nel 1912 **Henrietta Leavitt** studiò le stelle variabili dette Cefeidi, mise in relazione la loro luminosità con la periodicità della variazione della luce emessa, questo permetteva di valutare la loro distanza.



Nel 1924 **Edwin Hubble** valutò la distanza delle Cefeidi della Galassia di Andromeda e nel 1929 mostrò che esisteva un rapporto tra la distanza di una galassia e la sua velocità.

$$v = H_0 D$$

$$t_0 = 1/H_0 \approx 14 \text{ Gyr}$$

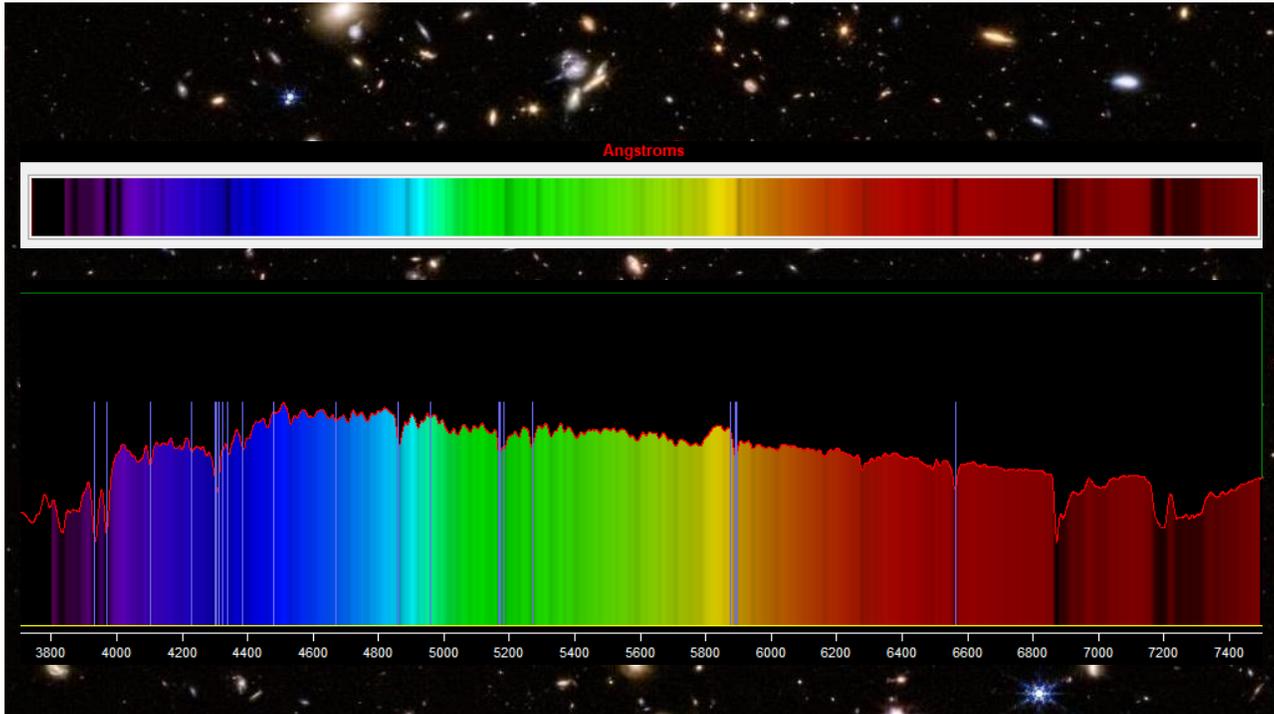
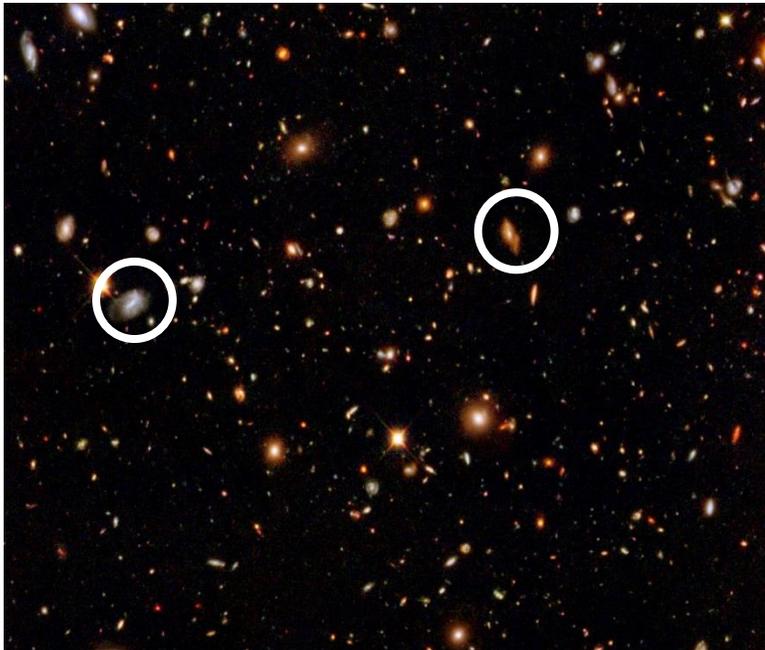


**Un tempo tutte le Galassie erano più vicine!!**

# *Osserviamo le diverse componenti dello spettro Elettromagnetico di stelle e galassie...*

Esaminando la luce delle stelle e delle galassie si può capire di cosa sono composte.

Utilizzando un prisma o un reticolo di diffrazione possiamo separare le componenti in frequenza della luce.

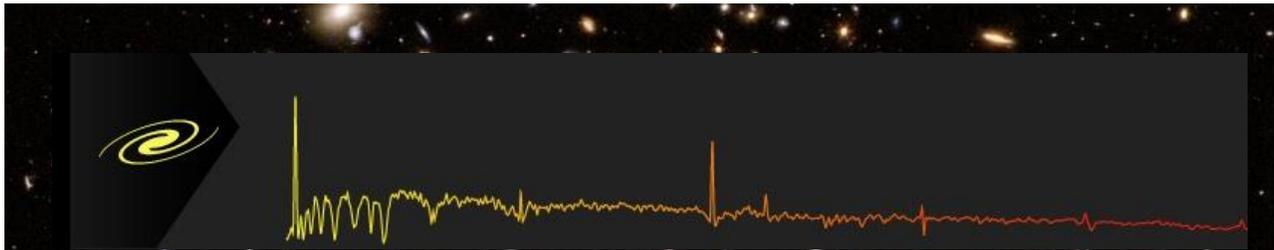


Ogni elemento ha uno spettro di emissione calcolabile!!

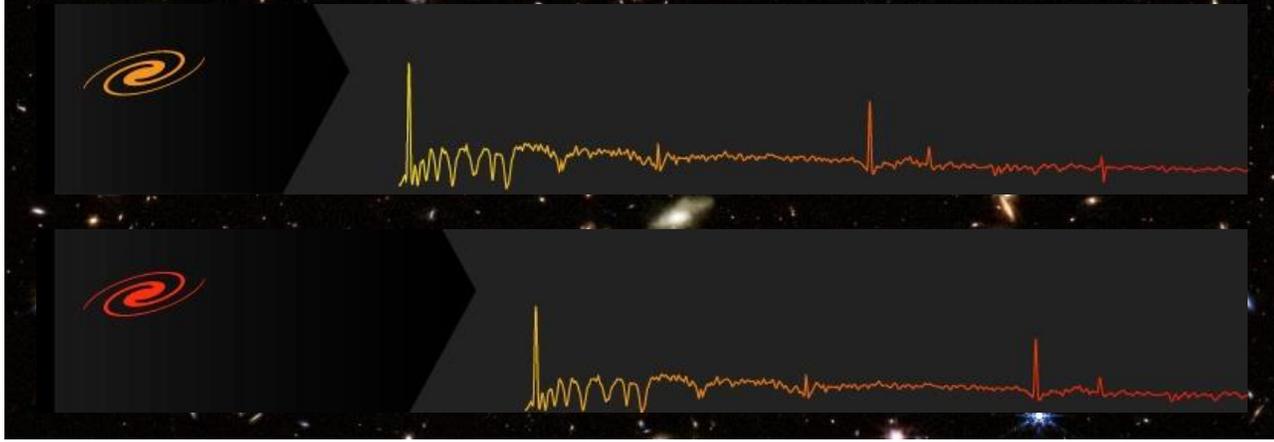


Le osservazioni mostravano *lunghezze d'onda sono maggiori di quelle attese...*

Atteso



Osservato



*Questo è quello che si chiama red-shift e può essere spiegato come un analogo dell'effetto Doppler già noto per le onde meccaniche (ad esempio le onde sonore).*

Osserviamo che la frequenza percepita dipende dalla velocità relativa tra sorgente ed osservatore, se la sorgente si allontana la frequenza percepita diminuisce e di conseguenza la lunghezza d'onda aumenta.

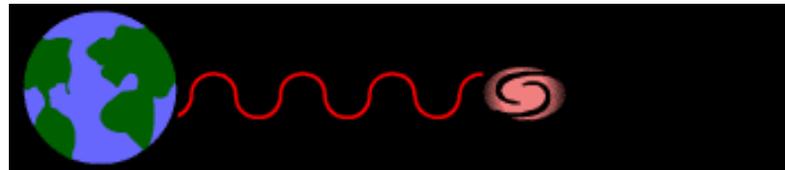
$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{v_{rel}}{v - v_{rel}}$$

se  $v=c$  (nel caso della luce)

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v_{rel}}{c}$$

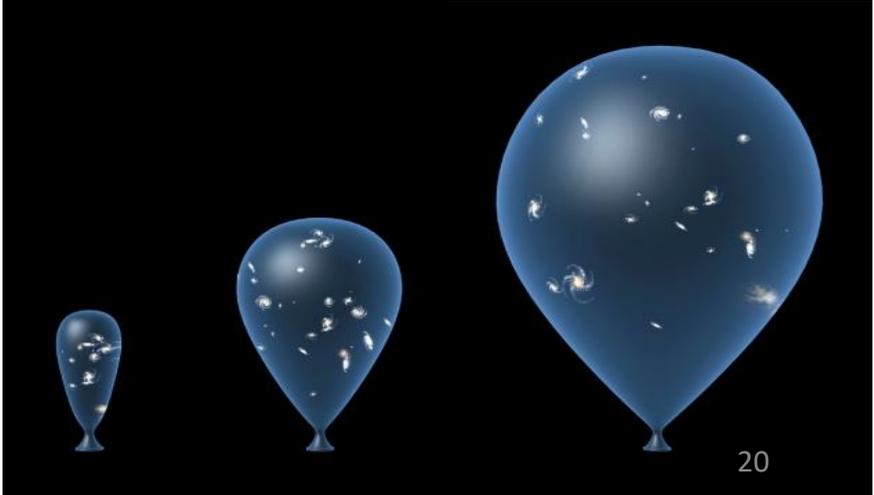
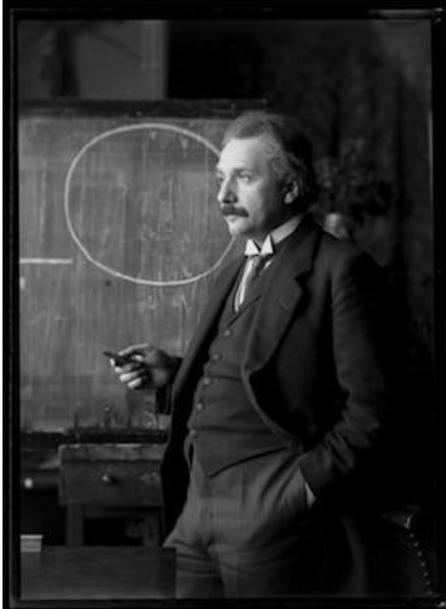
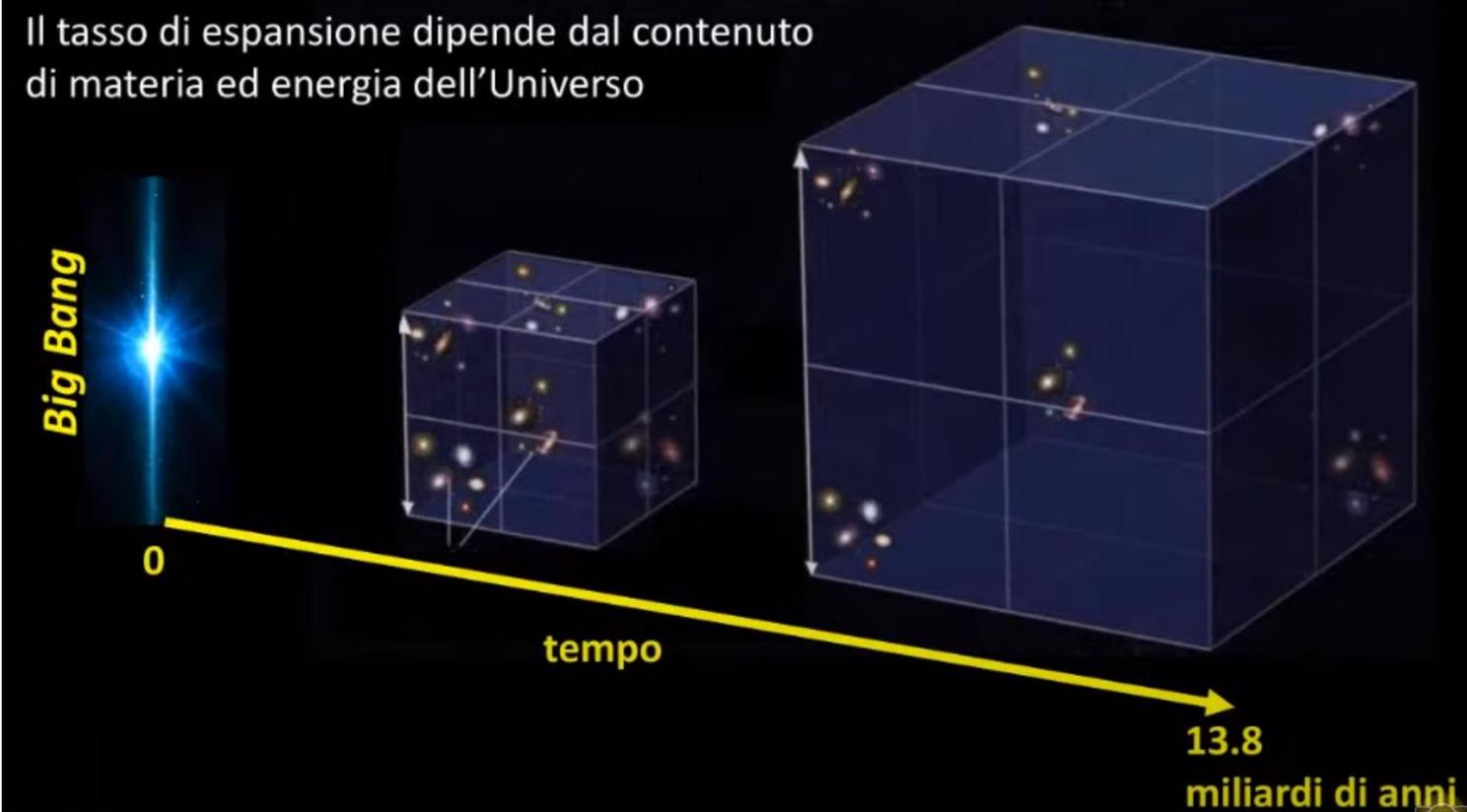
**Questo è quello che si chiama Red-shift.**

**Il Red-shift dipende dalla velocità della sorgente e quindi dalla sua distanza secondo la legge di Hubble.**



Nel 1931 **George Lemaitre** ipotizzò un atomo primordiale piccolo, compatto e denso, che esplose, si espanse ed evolvendosi diede forma all'Universo come lo conosciamo oggi

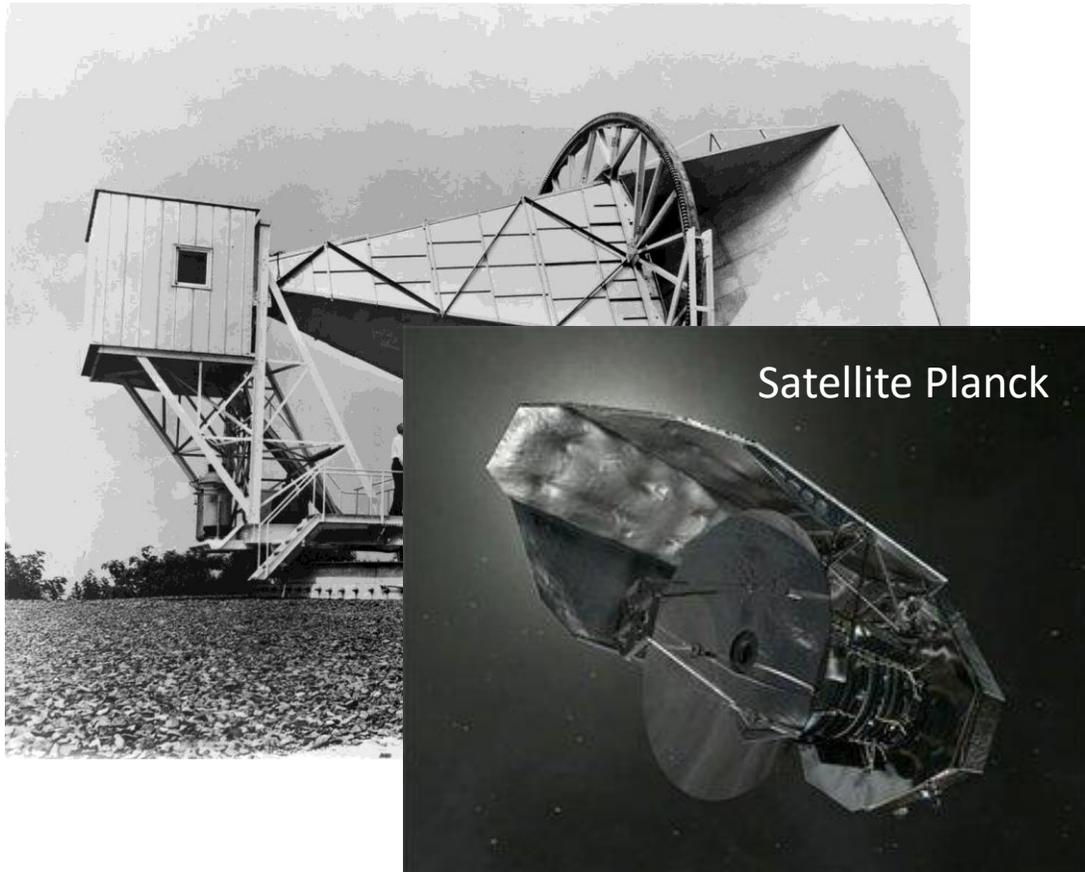
*Einstein ... Lo spazio-tempo evolve*



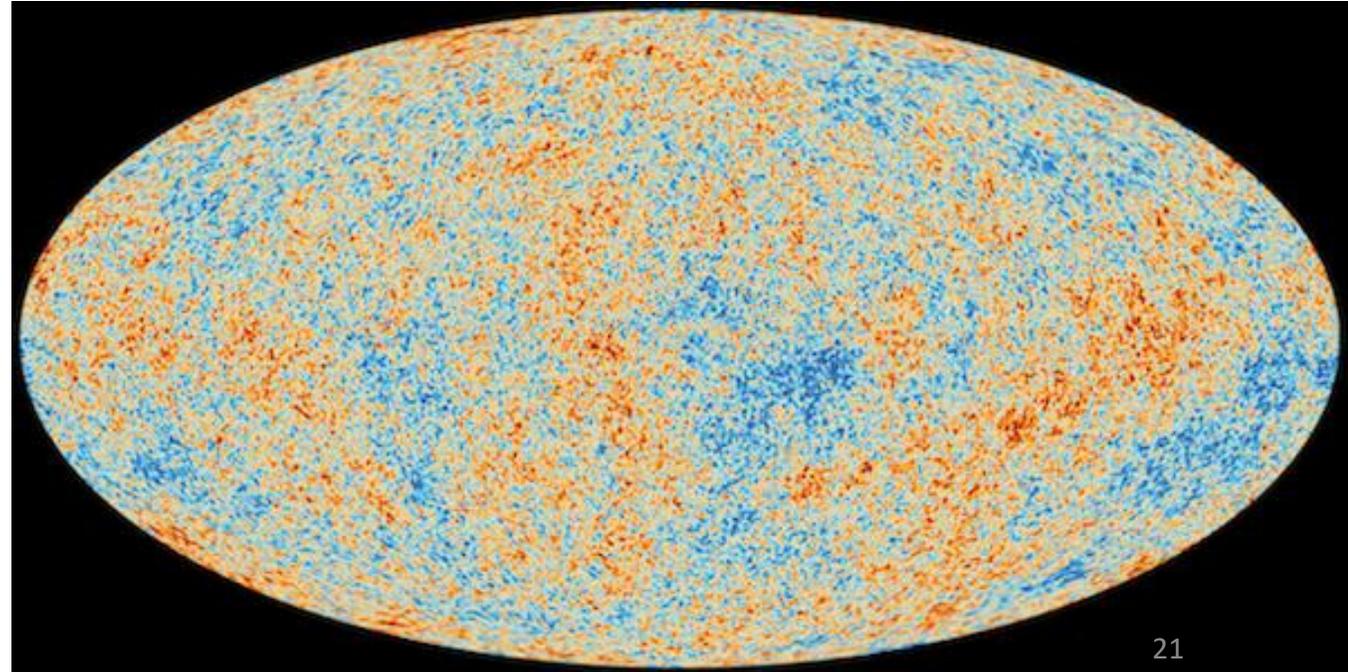
# L'Eco del Big - Bang

**Gamow, Alpher e Herman** predissero che un'eco luminosa del Big-Bang venne originato circa 300.000 anni dopo il momento iniziale.

Nel 1964, **Penzias e Wilson** scoprirono casualmente la radiazione di fondo, questa scoperta valse ai due scienziati il premio Nobel per la Fisica nel 1978



La “mappa” del cielo a microonde (2013) conferma l'omogeneità dell'Universo primordiale...



## *Ma siamo proprio sicuri di avere considerato tutte le componenti ?*

La prima ipotesi dell'esistenza della materia oscura risale al 1930, **Fritz Zwicky**

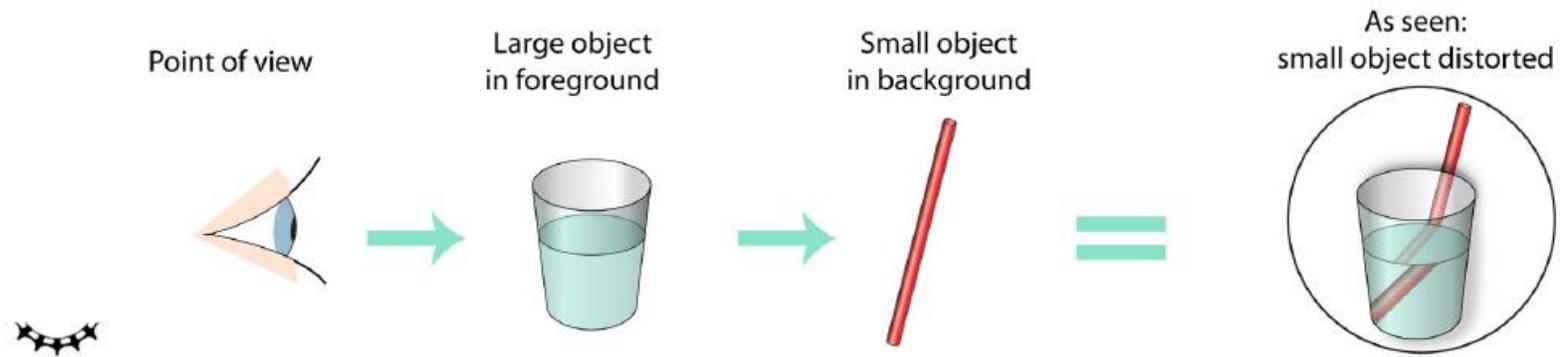
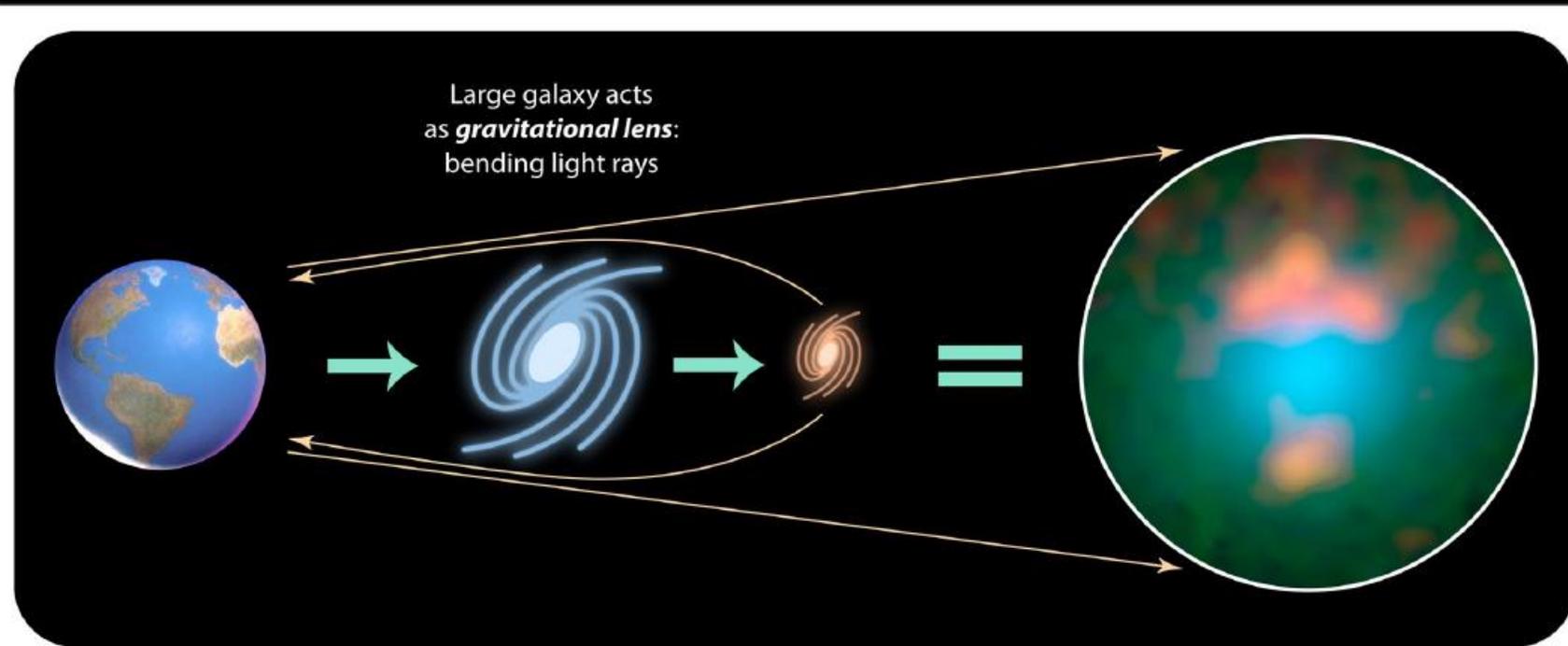


Negli anni '70, **Vera Rubin** scoprì che le velocità di rotazione nelle regioni periferiche delle galassie erano maggiori dell'atteso.

Questo indicava che le galassie contenevano più massa di quanto si potesse vedere.

Vera Rubin, Kitt Peak  
National Observatory in Arizona, USA.

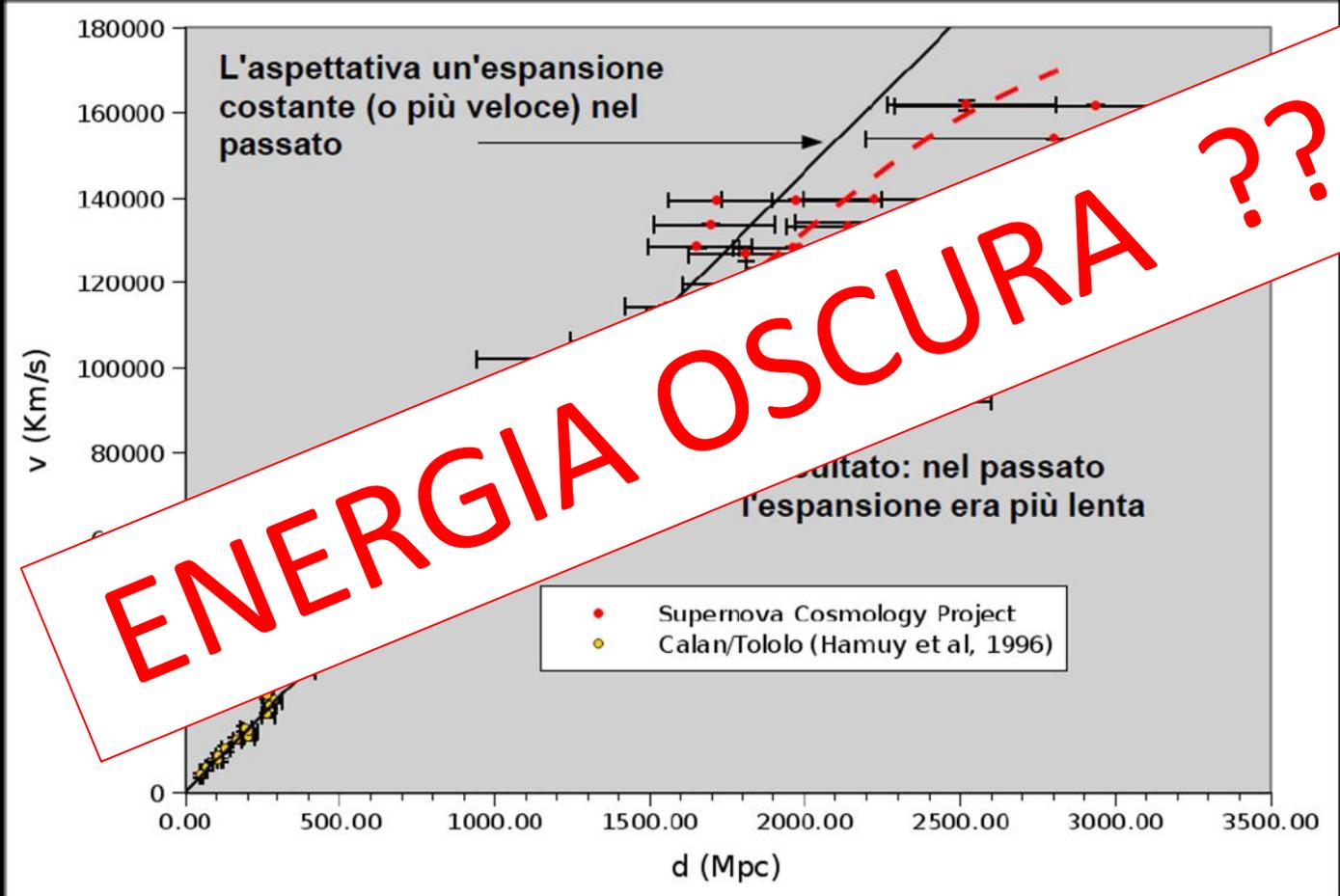
# Osservazioni di lente gravitazionale (prevista da Einstein)





# Ma la velocità di espansione non sembra ad oggi essere costante....

HST, 1998: espansione accelerata universo  
2011, Premio Nobel Fisica (Riess, Perlmutter, Schmidt)

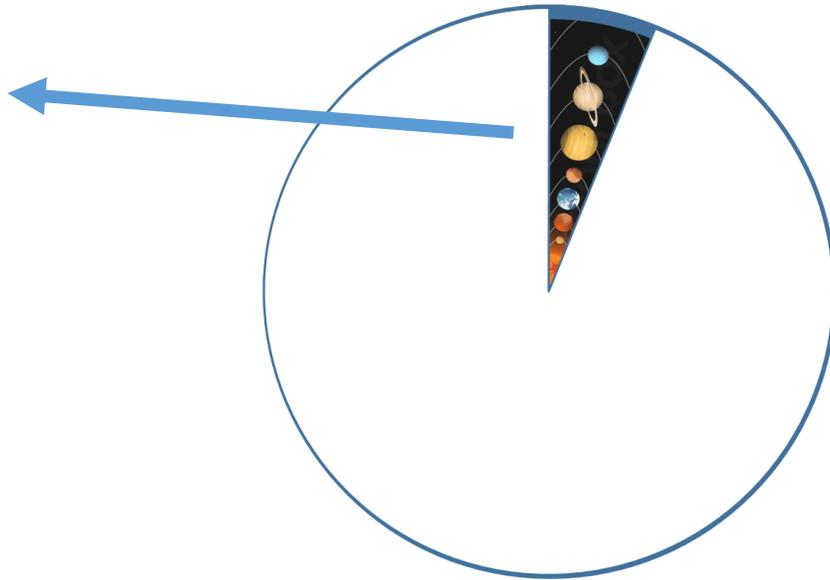


Le *Supernova di tipo Ia* sono tra gli eventi più luminosi osservabili nel cielo. Si verificano nei sistemi binari (due stelle che orbitano l'una attorno all'altra) quando una delle stelle è una nana bianca. La nana bianca cattura costantemente la massa della stella vicina e quando la sua massa raggiunge il valore pari a 1,4 masse solari si verificano reazioni nucleari a catena che ne provocano l'esplosione. La luce risultante è 5 miliardi di volte più luminosa del Sole.

# ***Il lato OSCURO dell'Universo***

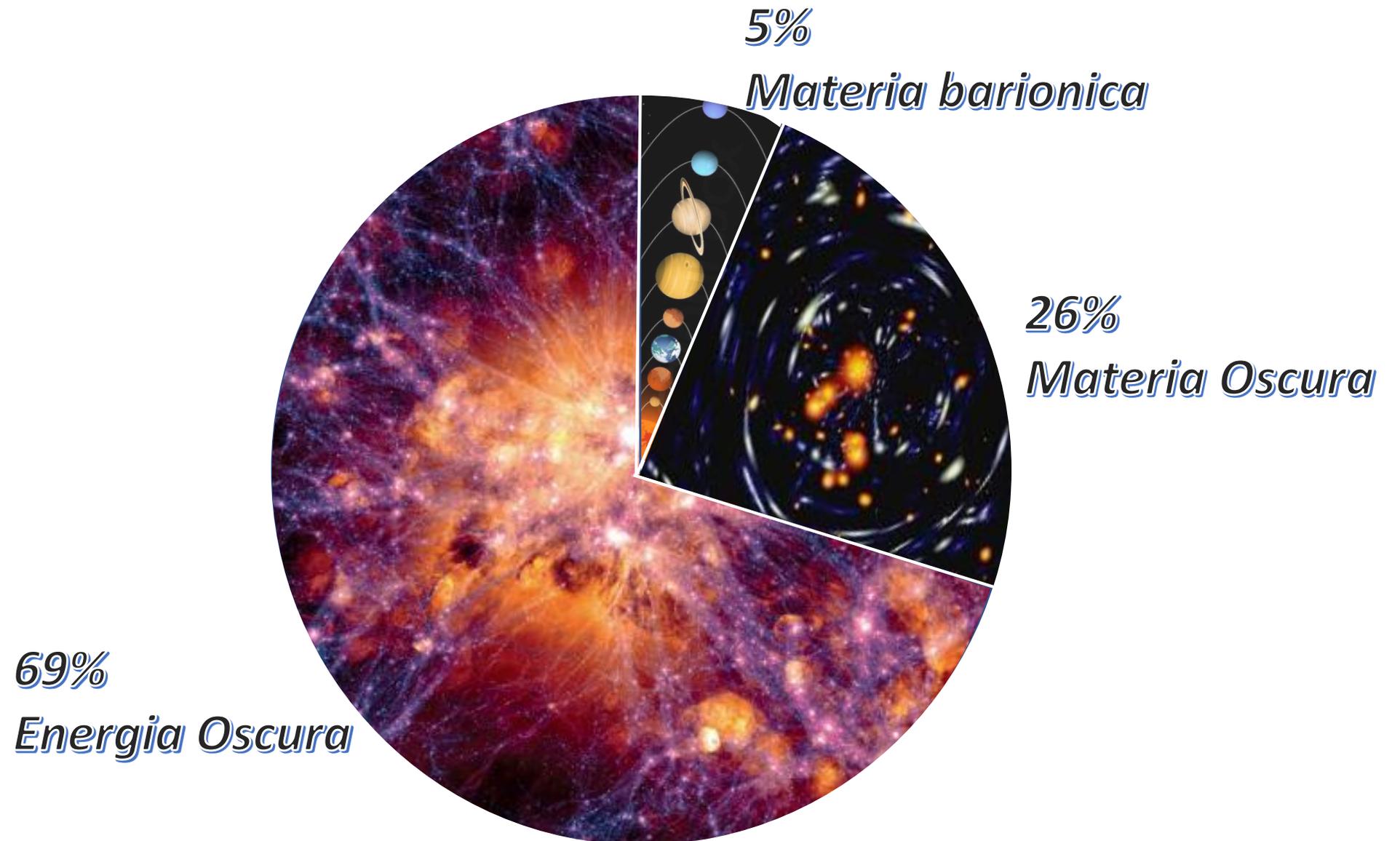
Analizzando le proprietà della radiazione cosmica di fondo si giunge alla conclusione che solo il 5% dell'Universo è costituito da materia "ordinaria"

Quarks	<i>u</i> up	<i>c</i> charm	<i>t</i> top
	<i>d</i> down	<i>s</i> strange	<i>b</i> bottom
Leptons	$\nu_e$ e- Neutrino	$\nu_\mu$ $\mu$ - Neutrino	$\nu_\tau$ $\tau$ - Neutrino
	<i>e</i> electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau
	I	II	III
	The Generations of Matter		

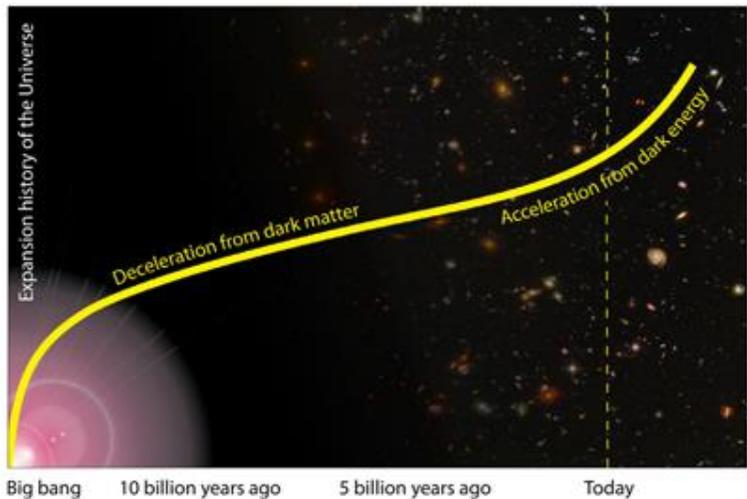
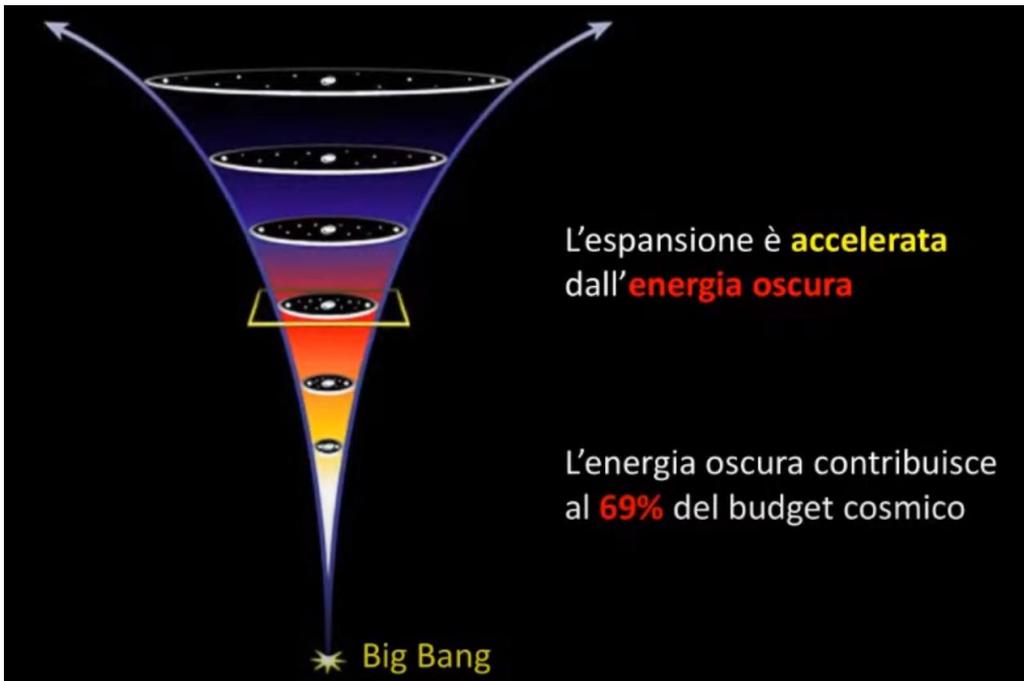


***La natura di materia ed energia oscura al momento non sono note...  
i loro effetti però sono ben visibili...***

# *Sarà veramente questo il risultato ??*

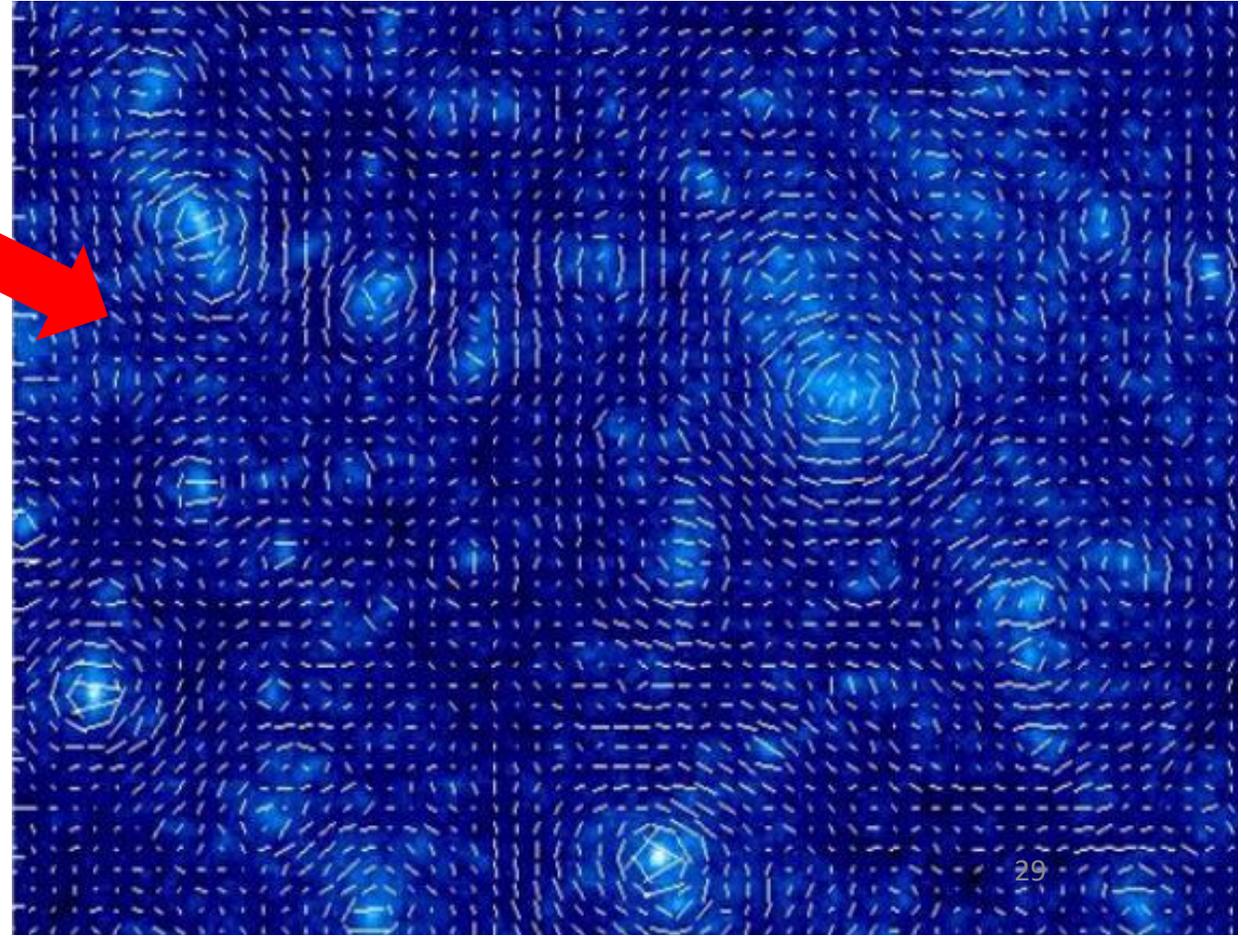
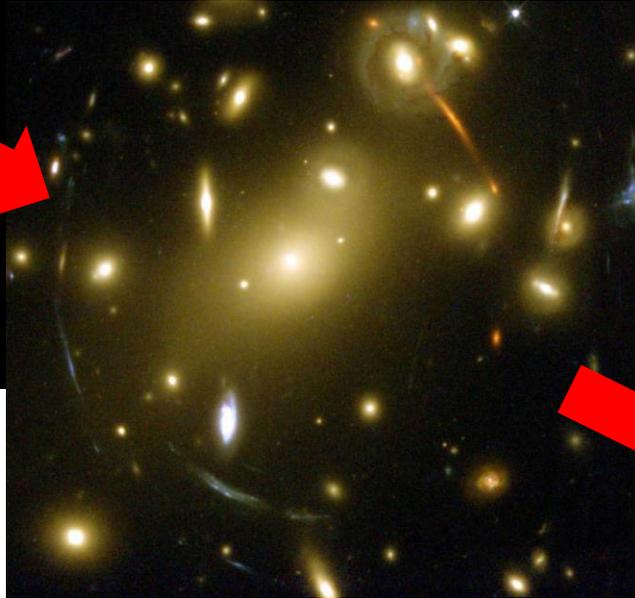
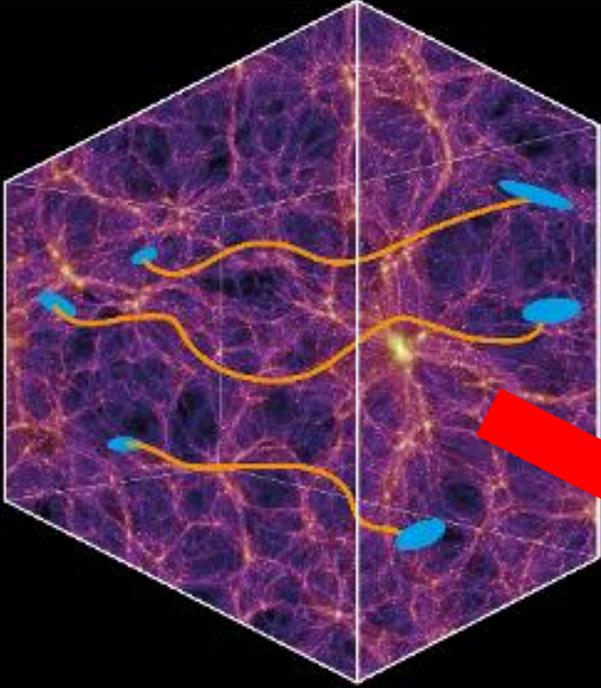


# Una mappa tridimensionale accurata degli oggetti visibili aiuterebbe a capire meglio....

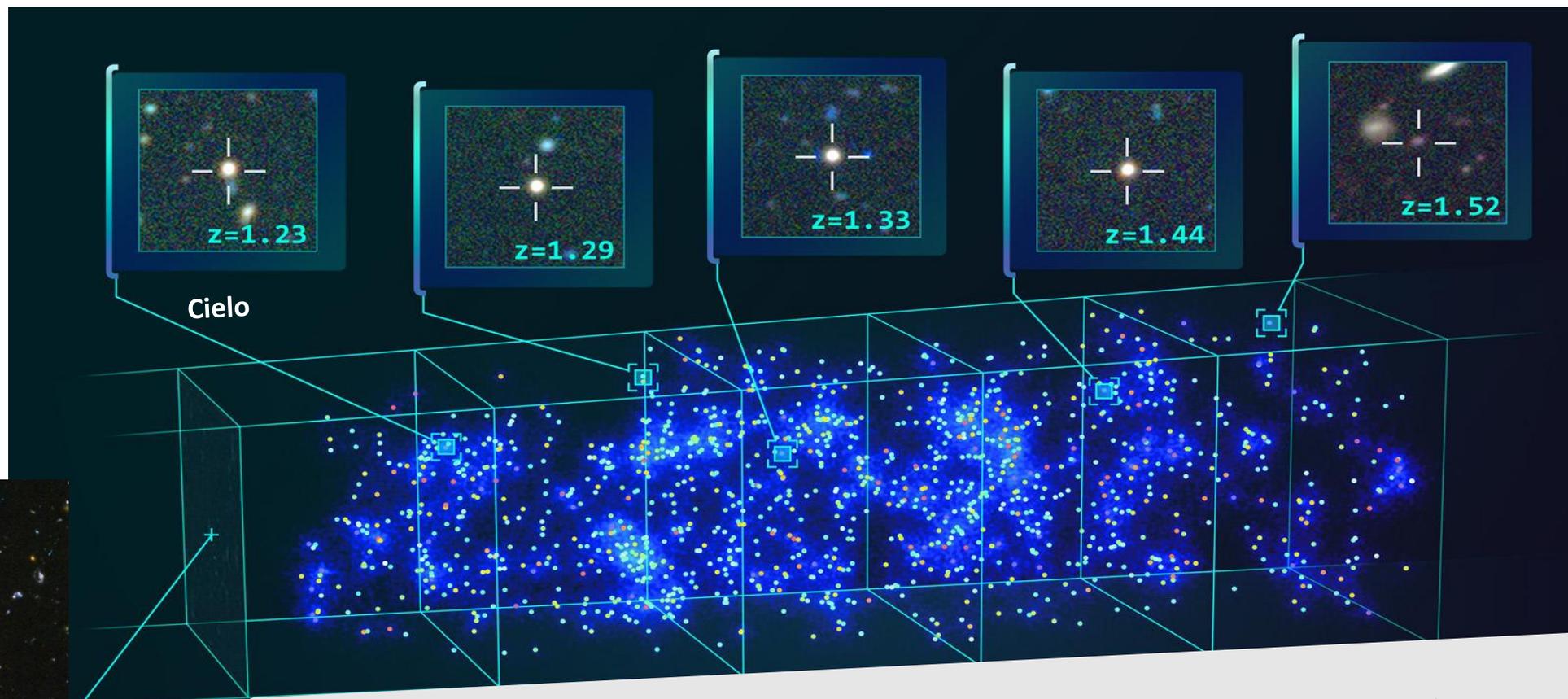


***Euclide elabora i concetti di raggio visivo e cono visuale***

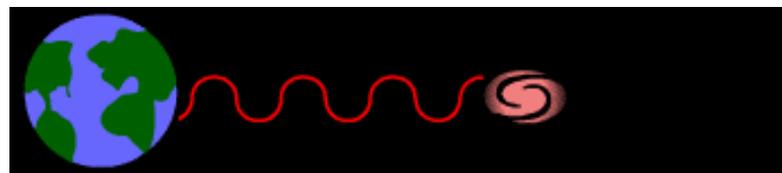
# *Misura delle lenti gravitazionali*



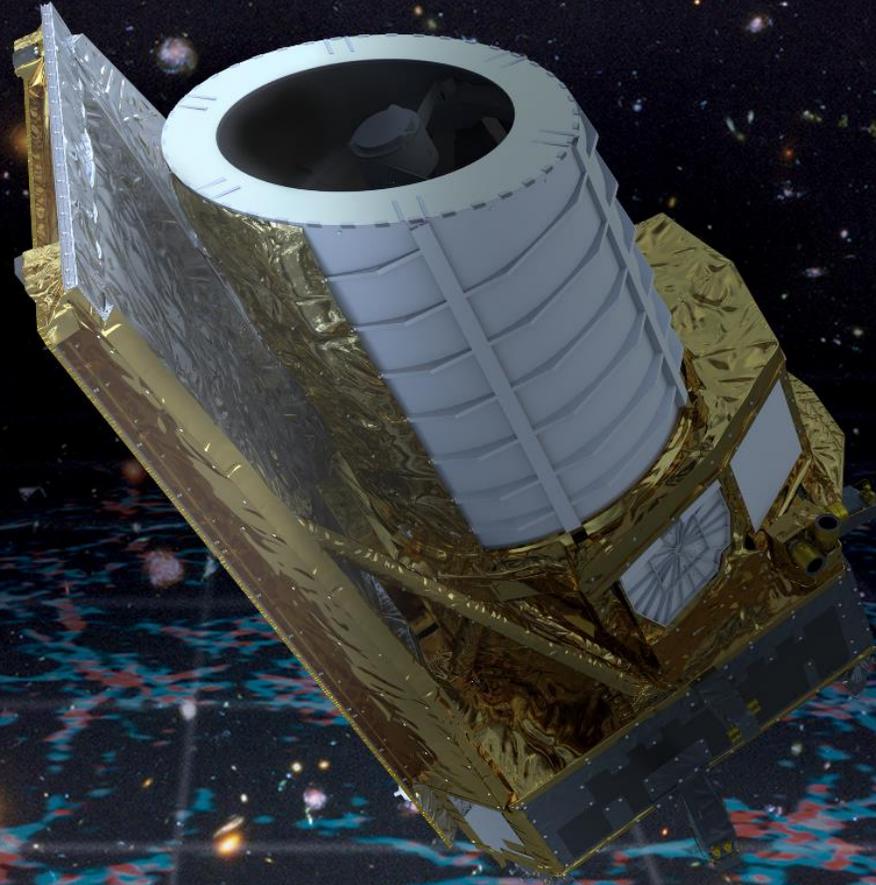
# Mappa 3D delle Galassie per ricostruire la ragnatela cosmica



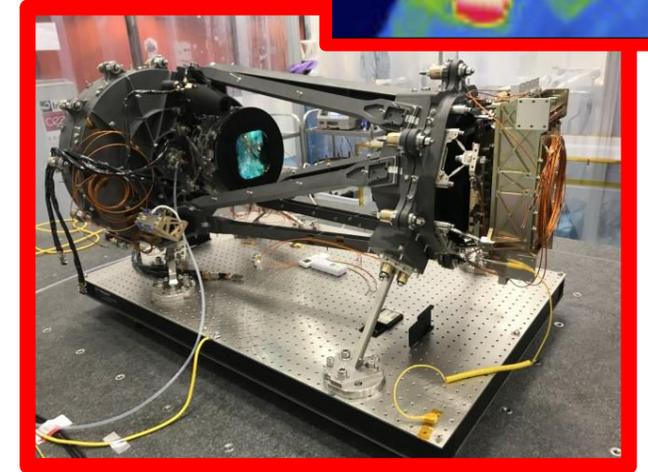
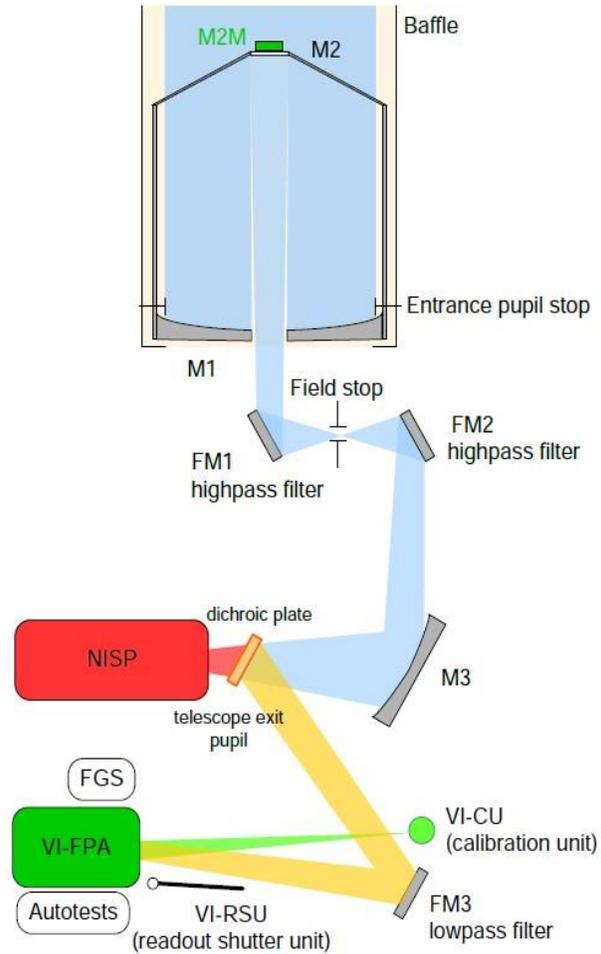
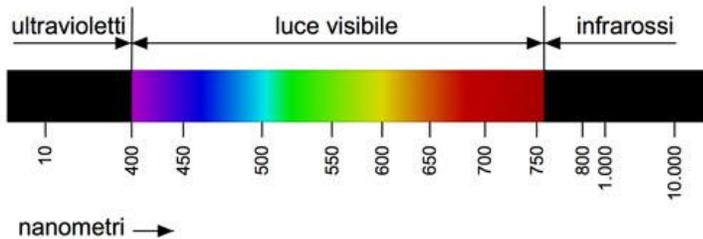
Spostamento verso il **rosso** = distanza (legge di Hubble-Lemaître)



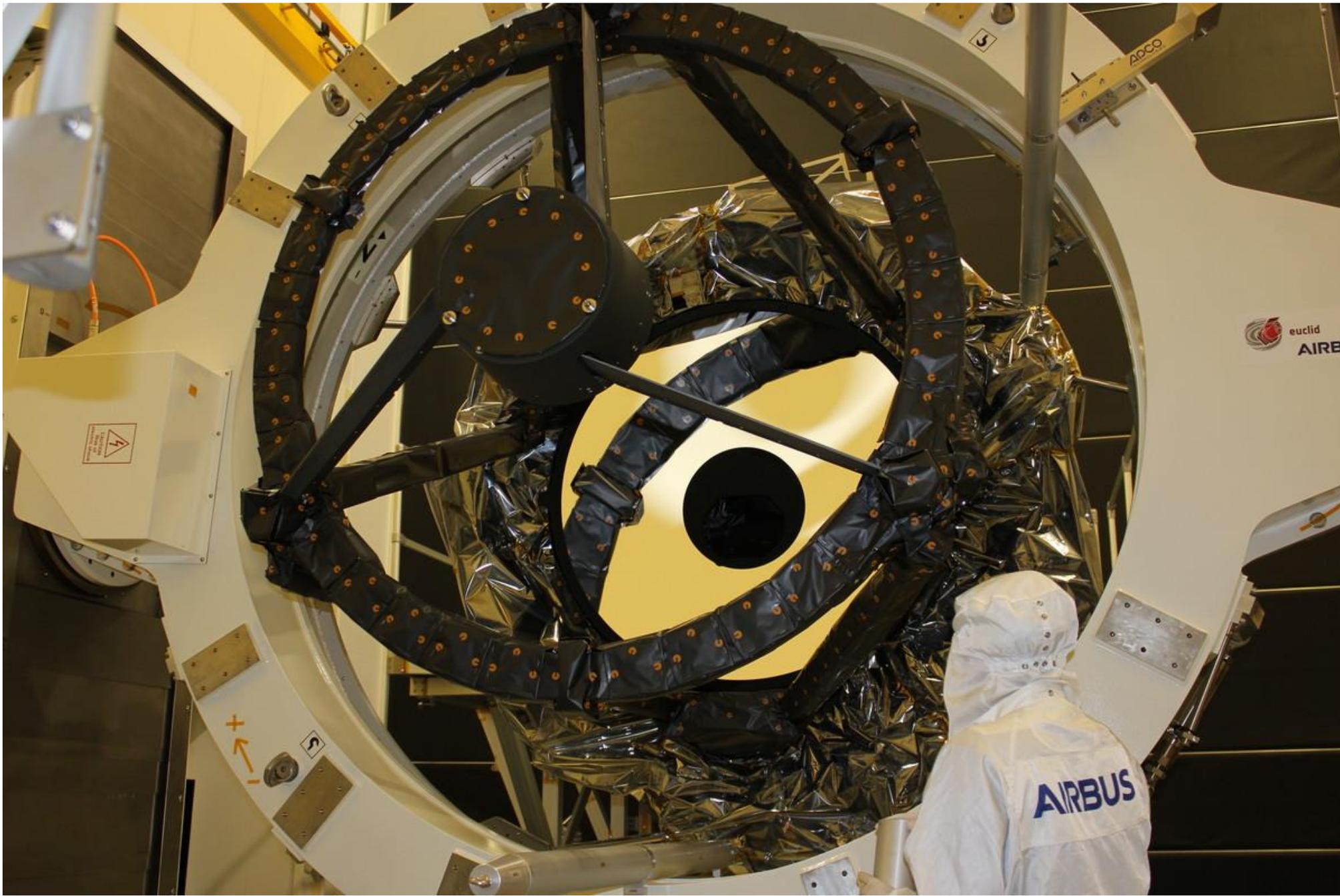
# *Nasce così Euclid*



# Il telescopio spaziale Euclid



Credits Airbus-TASI-ESA





**VIS :**

Immagini ad alta risoluzione 0.1arcsec

**NISP:**

NIR fotometria + VIS data -> 1.5Milardi di redshifts

$$\sigma(z)/(1+z) < 0.05$$

NIR spettroscopia (H $\alpha$ ) -> 35Milioni di redshifts

$$\sigma(z)/(1+z) < 0.001$$

Credits Airbus-TASI-ESA

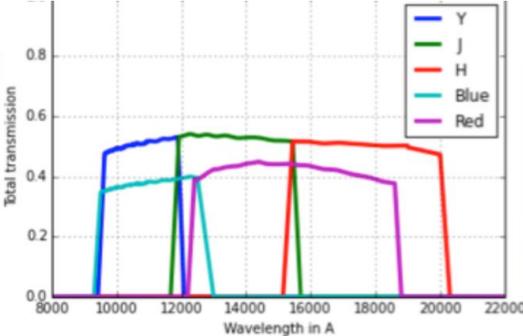
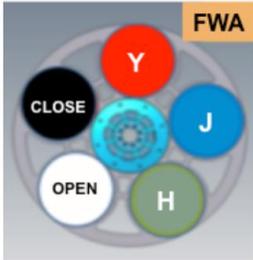
ThalesAleniaSpace – Italia  
Torino  
1 Luglio 2022  
Altezza: 4.7m Larghezza: 3.7m  
Peso: 2160Kg



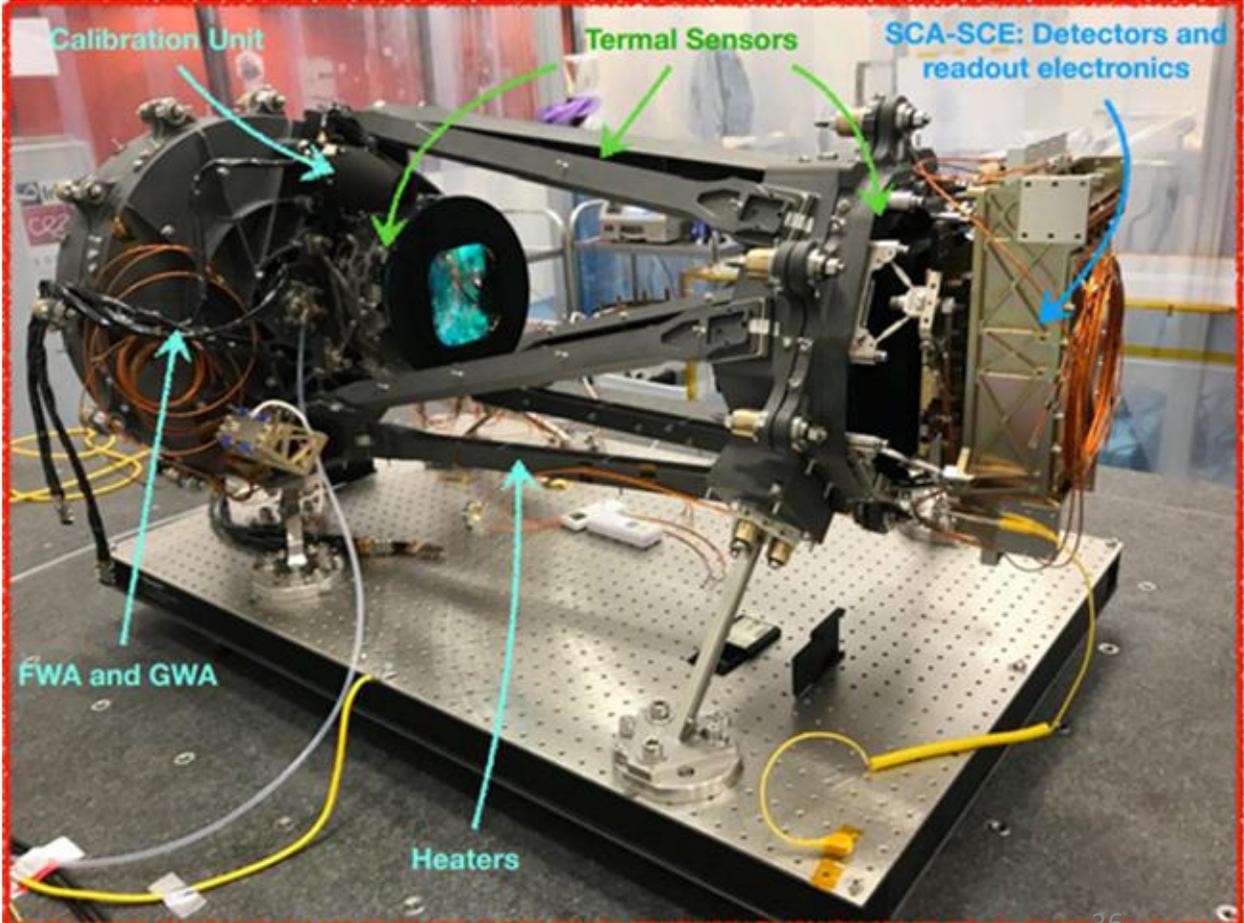
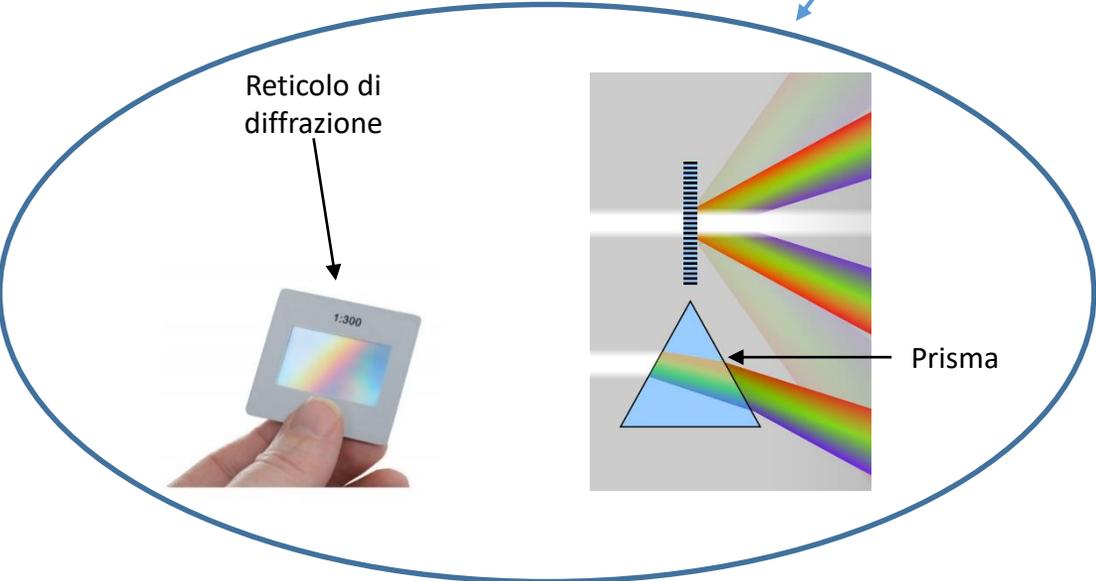
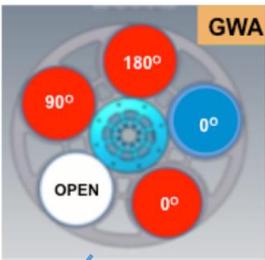
Credits Airbus-TASI-ESA

# Lo spettro-fotometro NISP

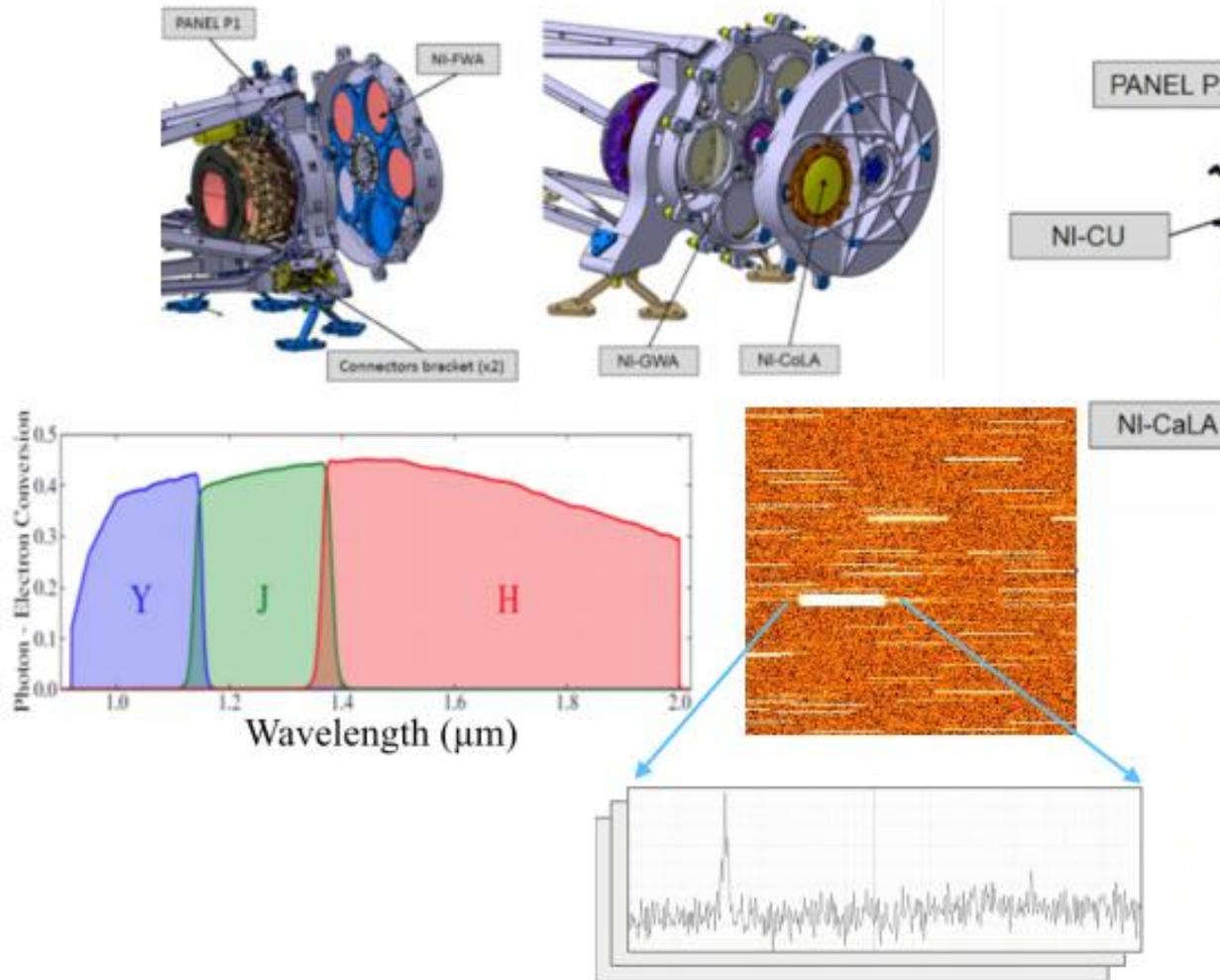
Ruota porta-filtri



Ruota porta-grism



# Lo spettro-fotometro NISP



Per ogni sorgente osservata si ottiene lo spettro di emissione che consente di valutare il red-shift e quindi la distanza

Si cerca la posizione della riga  $H\alpha$  nel vicino infrarosso

# *Euclid – I rivelatori: alcuni (utili) confronti*



CCD di uno smartphone -> metà di un francobollo  
Rivelatori di HST -> Biglietto da visita  
Rivelatori di JWST NIRCam -> Barretta Cioccolato  
Euclid -> Scatola della pizza!!! :-)





ThaleAleniaSpace France  
Cannes  
Agosto 2022



## ***Cape Canaveral – Giugno 2023***



# Green for launch.....



## GOOD LUCK EUCLID!

- Cluster FCT**: "On August 1st, 2008, the Cluster mission was launched. It was a big day for ESA and the Cluster team. Good luck with the Euclid mission!"
- Plato and Ariel**: "GO Euclid!... High five on the 10th of the 10th! Good Luck with the Plato and Ariel teams!"
- Newton flight control**: "Good luck with the Euclid mission! We are all looking forward to seeing the first images from the Euclid mission!"
- Solar Orbiter FCT**: "Some 2000 years later, Euclid still couldn't manage to do the sudoku... We hope you have better luck finding that dark energy!"
- ExoMars**: "Fly Safe!... Good luck from ExoMars! All the best for your Euclid mission! We are all looking forward to seeing the first images from the Euclid mission!"
- Juice**: "Good luck with the Euclid mission! We are all looking forward to seeing the first images from the Euclid mission!"
- EUCLID'S on the block!**: "Good luck with the Euclid mission! We are all looking forward to seeing the first images from the Euclid mission!"



***Euclid – il lancio  
Cape Canaveral  
1 Luglio 2023***





SPACECRAFT	DATE	LAUNCHER
BEPICOLAMBO	20 10 18	ARIANE 5
METOP-C	7 11 18	SOYUZ
SOLAR ORBITER	10 2 20	ATLAS V
SENTINEL-6 MF	21 11 20	FALCON 9
JUICE	14 4 23	ARIANE 5
EUCLID	1 7 23	FALCON 9



**STAGE 1 TELEMETRY**

SPEED **74** KM/H

ALTITUDE **0.0** KM

**T+00:00:08**

EUCLID

LIFTOFF

STARTUP

MAX-Q

MECO

FIRING

**LIFTOFF**

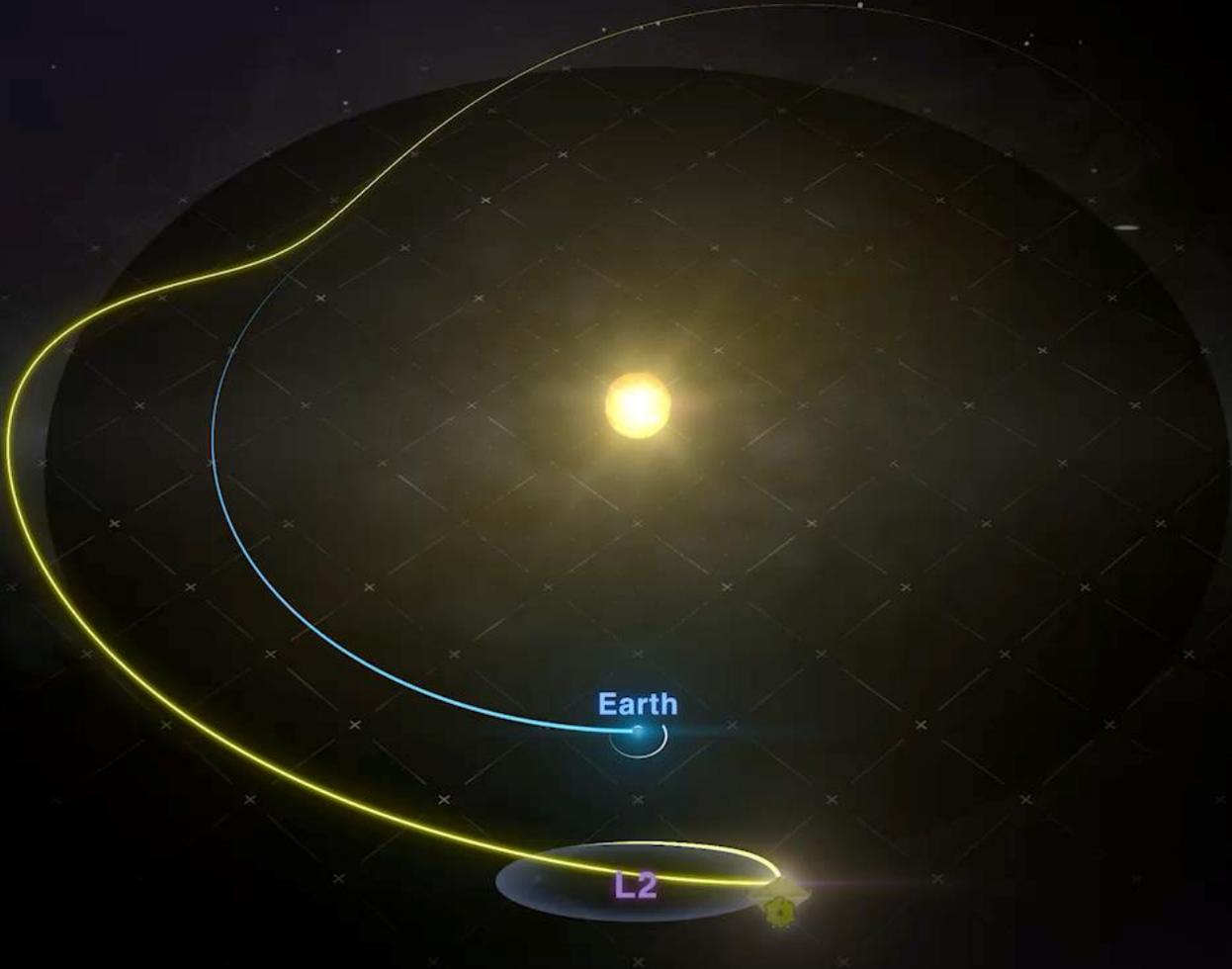
THE HOLDDOWN CLAMPS HAVE RELEASED FALCON 9 AND WE HAVE BEGUN OUR FLIGHT

44

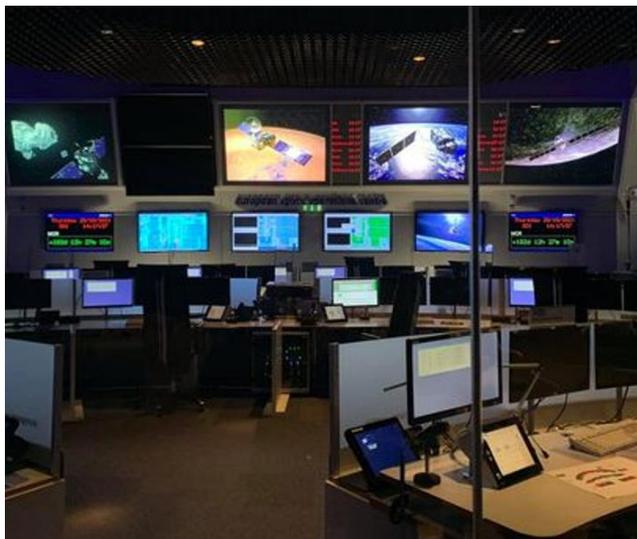
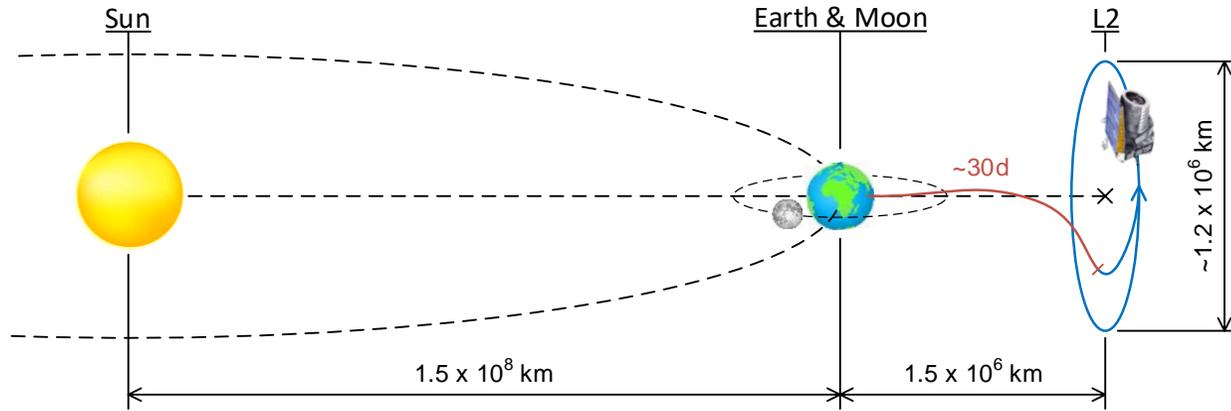
Subscribe



*Euclid orbita intorno al punto di equilibrio L2*



# Il telescopio spaziale Euclid in operazione



ESA 35m deep-space antennas, fino a 27 GHz  
850 Gbit/giorno in 4 ore

Cebreros, Spagna  
Malargue, Argentina 46



**2 antenne “deep space” con diametro di circa 35m, in grado di ricevere tutti i dati prodotti da Euclid nella breve finestra di visibilità giornaliera (4 ore).**

Cebros, Spagna

Malague, Argentina

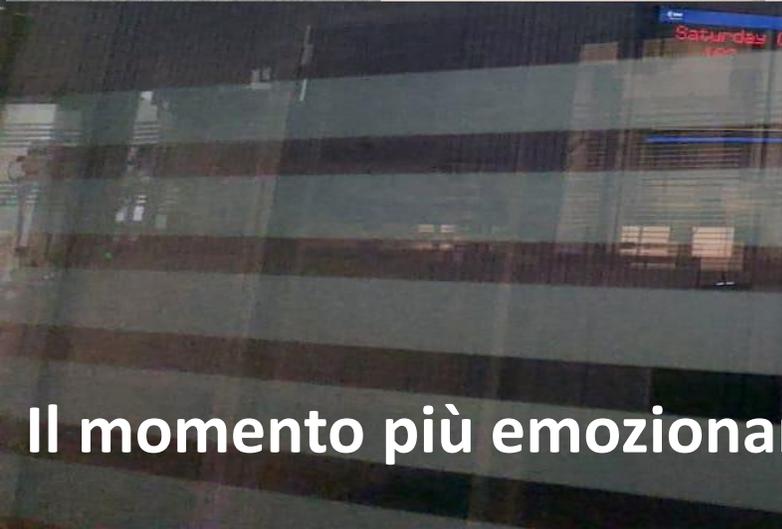




*Il momento più emozionante...attesa la prima immagine...13 Luglio 2023*

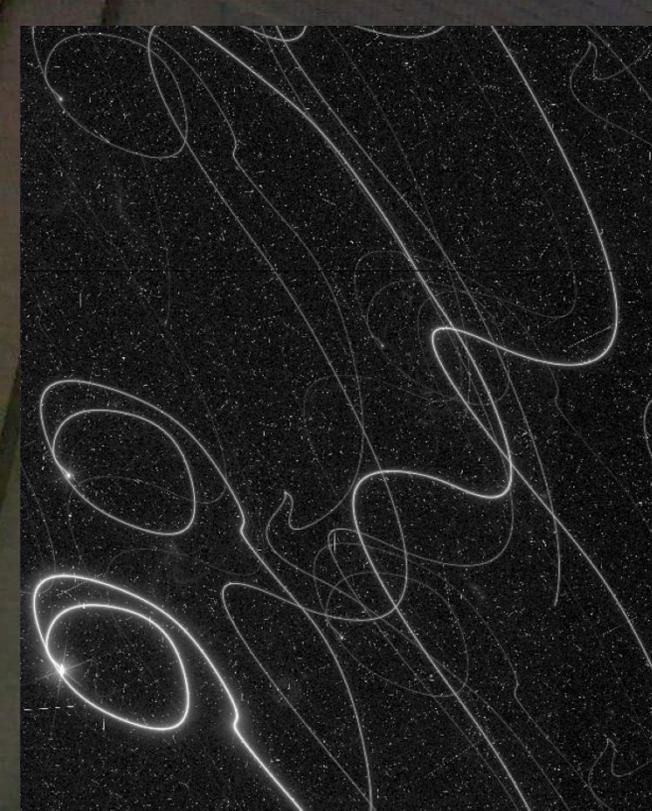






**Il momento più emozionante...la prima immagine**

Early commissioning test image, VIS instrument



La fase più estenuante...la verifica che tutto funzioni come atteso



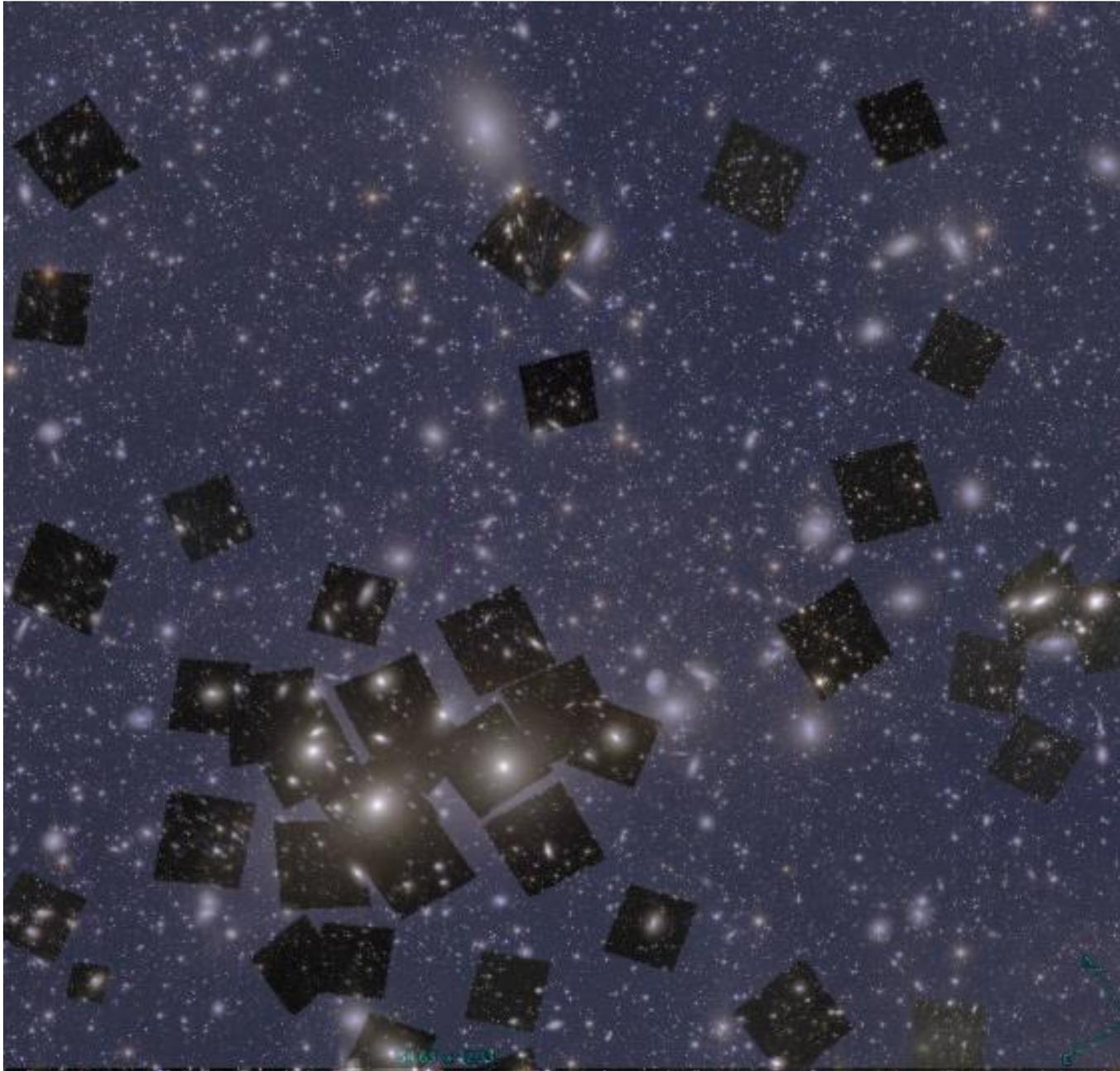
## *Un'immagine tipica*

Immagine a colori ottenuta sommando l'immagine nel visibile alle 3 bande dell'infrarosso.

Perseus Cluster

Più di 100 000 sorgenti in un'unica osservazione

***ESA – ERO release 7.11.2024***



Ecco cosa avrebbe dovuto fare un altro telescopio per avere la stessa immagine





# *Cosa ci aspettiamo*

Ci aspettiamo di raccogliere dati relativi alla forma di circa 2 miliardi di galassie di cui si riesca a misurare la distanza, per circa 50 milioni di queste stimiamo di poter misurare il red-shift con una accuratezza tale da realizzare la mappa della “ragnatela cosmica” più grande fino ad oggi.

Dalla forma della ragnatela cosmica si può ottenere la distribuzione della materia oscura e dalle disomogenetà all'interno della ragnatela si può capire come evolve lo spazio-tempo ottenendo quindi una informazione indiretta sulla natura dell'energia oscura.