

INFLAZIONE COSMICA

La rapidissima espansione che potrebbe spiegare
i primi istanti dell'Universo



20 slide • concetti, osservazioni e domande aperte

Come si è formato un Universo così grande?

Guardiamo lontano nello spazio e, allo stesso tempo, indietro nel tempo.

QUELLO CHE OSSERVIAMO

- Galassie organizzate in una rete cosmica
- Una radiazione quasi uniforme in ogni direzione
- Piccole differenze che hanno dato origine alle strutture

LA DOMANDA

Quale processo iniziale può rendere compatibili uniformità su grandi scale e minuscole irregolarità?

Una delle risposte proposte: l'inflazione.

Dove si colloca l'inflazione?

Schema qualitativo: le durate iniziali sono estremamente brevi rispetto all'età attuale.



L'inflazione è un'ipotesi sull'Universo primordiale, precedente alla fase calda descritta dal Big Bang standard.

Che cosa significa “inflazione cosmica”?

Non è materia che esplode dentro uno spazio vuoto: è lo spazio stesso che si espande.

IN POCHE PAROLE

Un periodo ipotizzato di espansione accelerata, in cui le distanze cosmiche aumentarono enormemente in un intervallo brevissimo.



Prima e dopo: stessi punti, distanze diverse

Non è un'esplosione da un centro

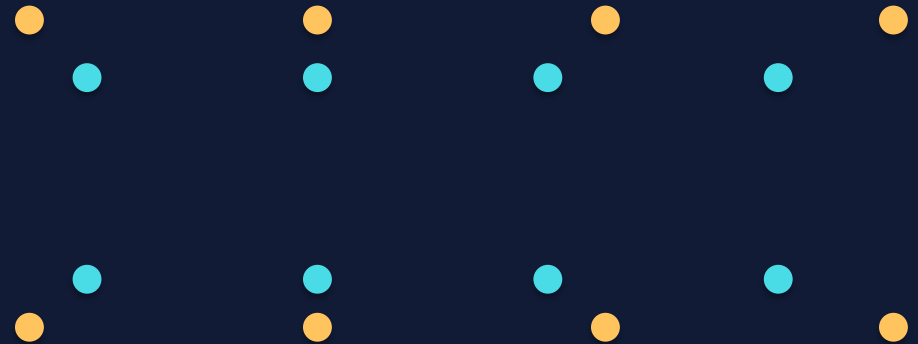
Su grandi scale, ogni osservatore vede le altre galassie allontanarsi.

MODELLO A: ESPLOSIONE



Un centro privilegiato nello spazio

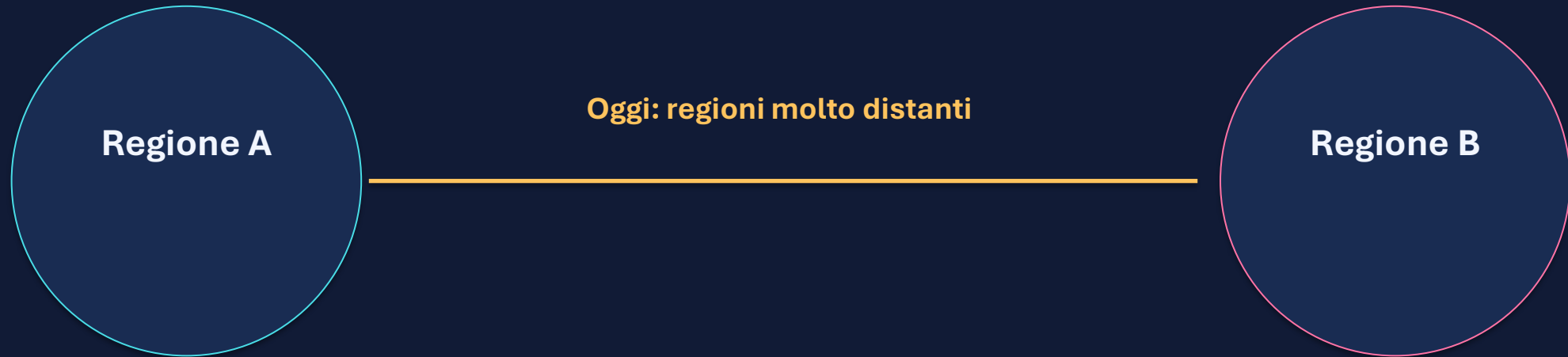
MODELLO B: SPAZIO CHE SI ESPANDE



Nessun centro speciale richiesto

Perché il cielo è così uniforme?

La radiazione cosmica di fondo ha quasi la stessa temperatura in direzioni molto lontane.



Senza una fase precedente di contatto causale, come hanno raggiunto condizioni simili?

Perché la geometria cosmica è quasi piatta?

La geometria globale dipende dalla densità totale di energia e materia.

CURVATURA POSITIVA



Analogia: superficie sferica

PIATTA



Geometria euclidea

CURVATURA NEGATIVA



Superficie "a sella"

L'inflazione rende naturale una curvatura molto piccola su scale osservabili.

E i relitti esotici dell'Universo primordiale?

Alcune teorie di fisica delle particelle prevedono oggetti molto massicci, come i monopoli magnetici.



+ / - ?

Se prodotti in abbondanza, certi relitti dovrebbero essere oggi molto più comuni.

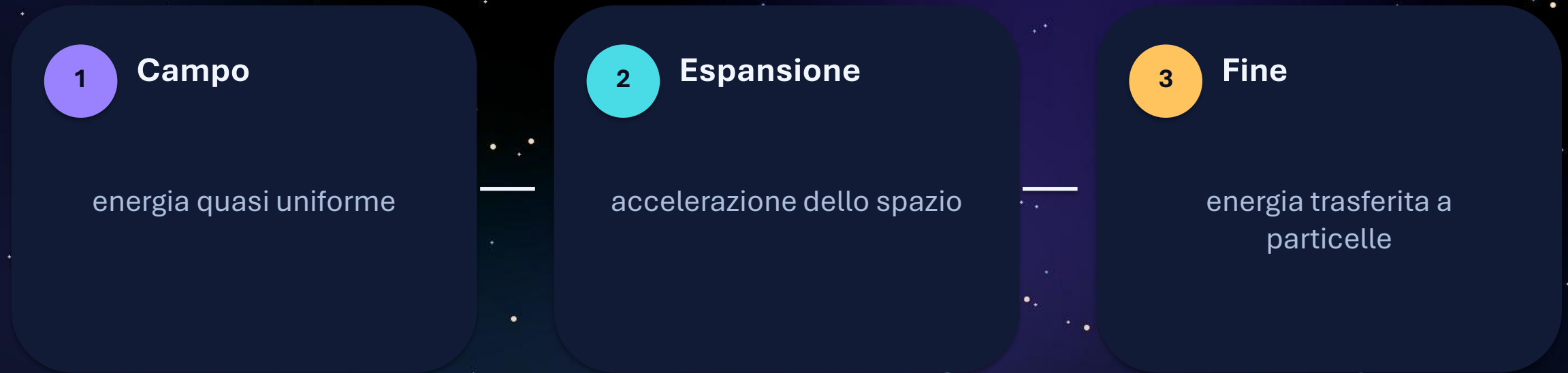
L'EFFETTO DELL'INFLAZIONE

L'espansione diluisce enormemente la densità di eventuali particelle esotiche, rendendole difficili da trovare.

Una possibile soluzione, non una prova diretta.

Che cosa potrebbe guidare l'inflazione?

Nei modelli più semplici, una forma di energia associata a un campo fisico.

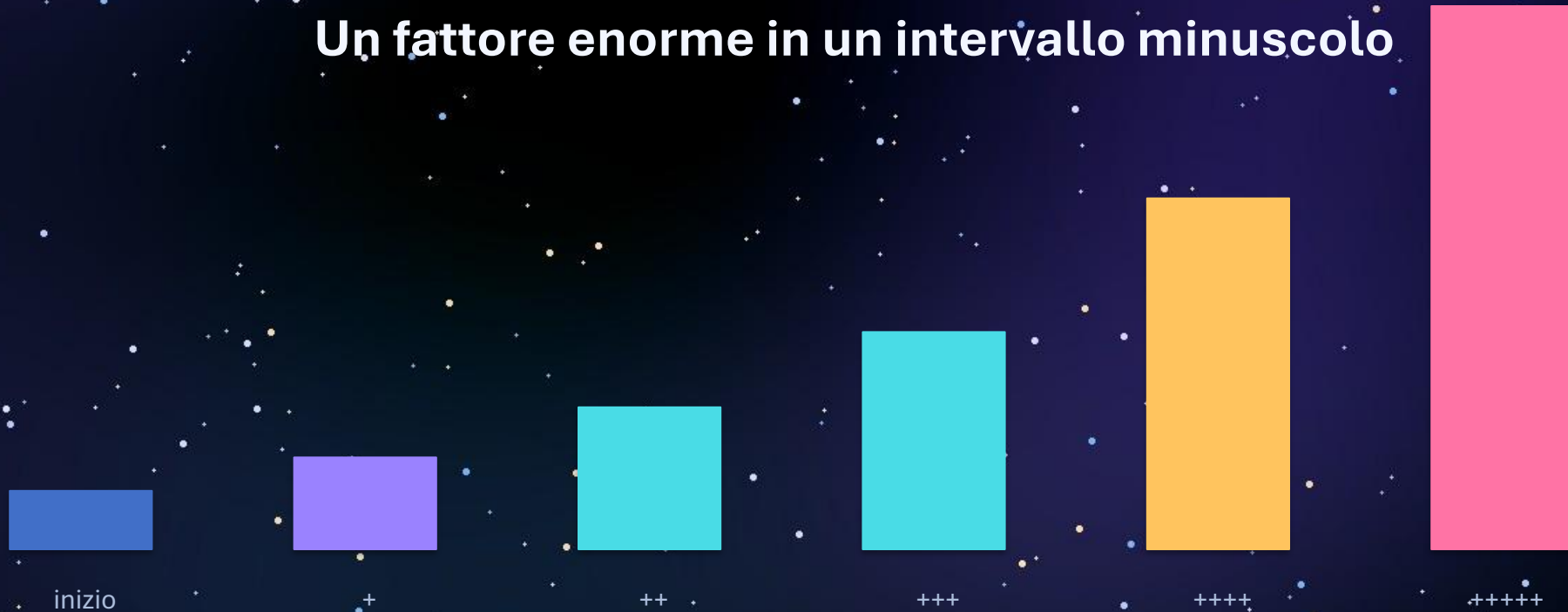


Il campo responsabile — spesso chiamato inflatone — non è stato identificato sperimentalmente.

Perché si parla di espansione esponenziale?

In molti modelli, la dimensione caratteristica dello spazio cresce molto rapidamente.

Un fattore enorme in un intervallo minuscolo



Le stime dipendono dal modello: il numero preciso non è una misura diretta.

Come si passa all'Universo caldo?

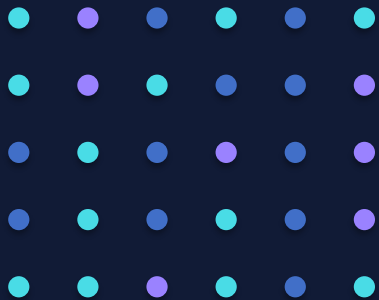
L'energia che guida l'espansione viene convertita in particelle e radiazione: il "riscaldamento" cosmico.



Le fluttuazioni quantistiche diventano semi cosmici

Minuscole variazioni possono essere amplificate e portate a scale astronomiche.

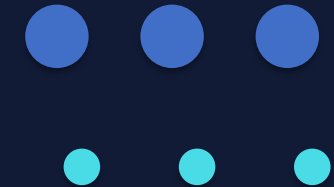
SCALA MICROSCOPICA



AMPLIFICAZIONE



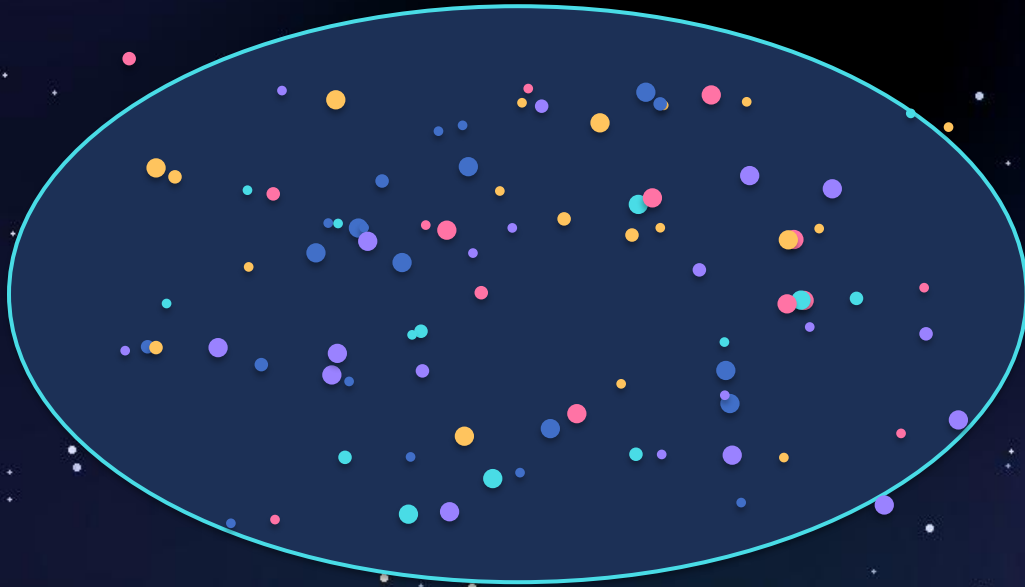
GRAVITÀ



Galassie e
ammassi

La radiazione cosmica di fondo (CMB)

È la luce più antica osservabile: fu liberata quando l'Universo divenne trasparente, circa 380.000 anni dopo il Big Bang.



Mapa schematica delle anisotropie

Che cosa ci racconta?

- Temperatura media: circa 2,7 K
- Piccolissime differenze di temperatura
- Informazioni sulle condizioni iniziali

Che cosa vedono COBE, WMAP e Planck?

Le mappe della CMB permettono di confrontare i modelli con dati reali.



COBE

rileva le anisotropie



WMAP

misure più precise



Planck

mappa dettagliata

Le statistiche delle fluttuazioni sono coerenti con molte previsioni dell'inflazione, ma non identificano ancora un unico modello.

Una teoria scientifica deve fare previsioni

Le osservazioni possono sostenere alcune caratteristiche generali e mettere in difficoltà modelli specifici.

PREVISIONI TIPICHE

- Universo quasi piatto su grandi scale
- Fluttuazioni primordiali quasi invarianti di scala
- Distribuzione statistica semplice delle perturbazioni

TEST OSSERVATIVI

- Anisotropie della CMB
- Struttura su larga scala delle galassie
- Polarizzazione della CMB e onde gravitazionali primordiali

Inflazione: idea influente, prova diretta ancora aperta

È importante distinguere coerenza con i dati e conferma definitiva.

BEN SUPPORTATO

Le osservazioni indicano un Universo molto vicino alla piattezza e con piccole fluttuazioni primordiali.

COERENTE CON

Molte proprietà misurate della CMB concordano con classi di modelli inflazionari.

ANCORA APERTO

Non è stato identificato il campo inflazionario né confermato in modo univoco un modello.

La caccia alle onde gravitazionali primordiali

Alcuni modelli prevedono un'impronta nella polarizzazione della CMB, detta modo B.



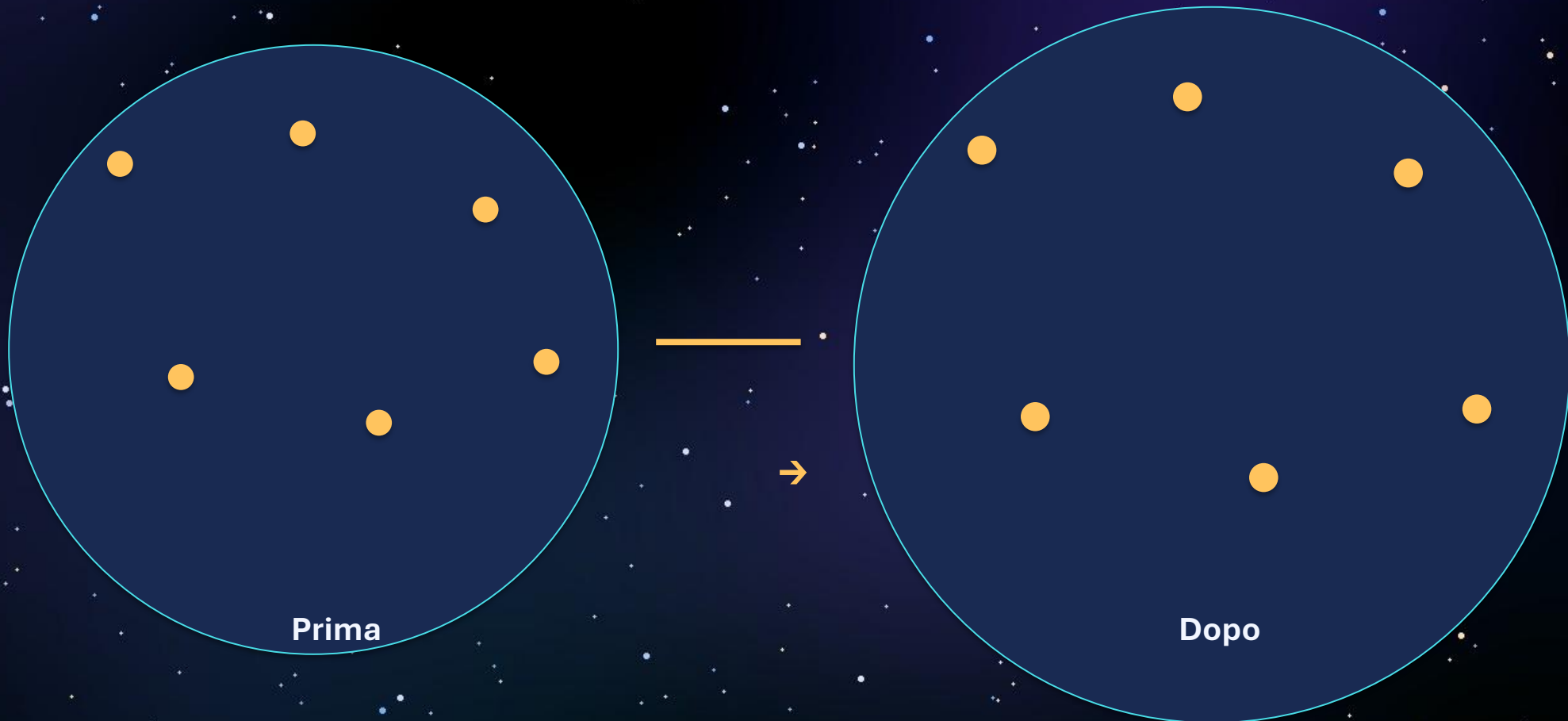
Finora nessun segnale universalmente accettato.

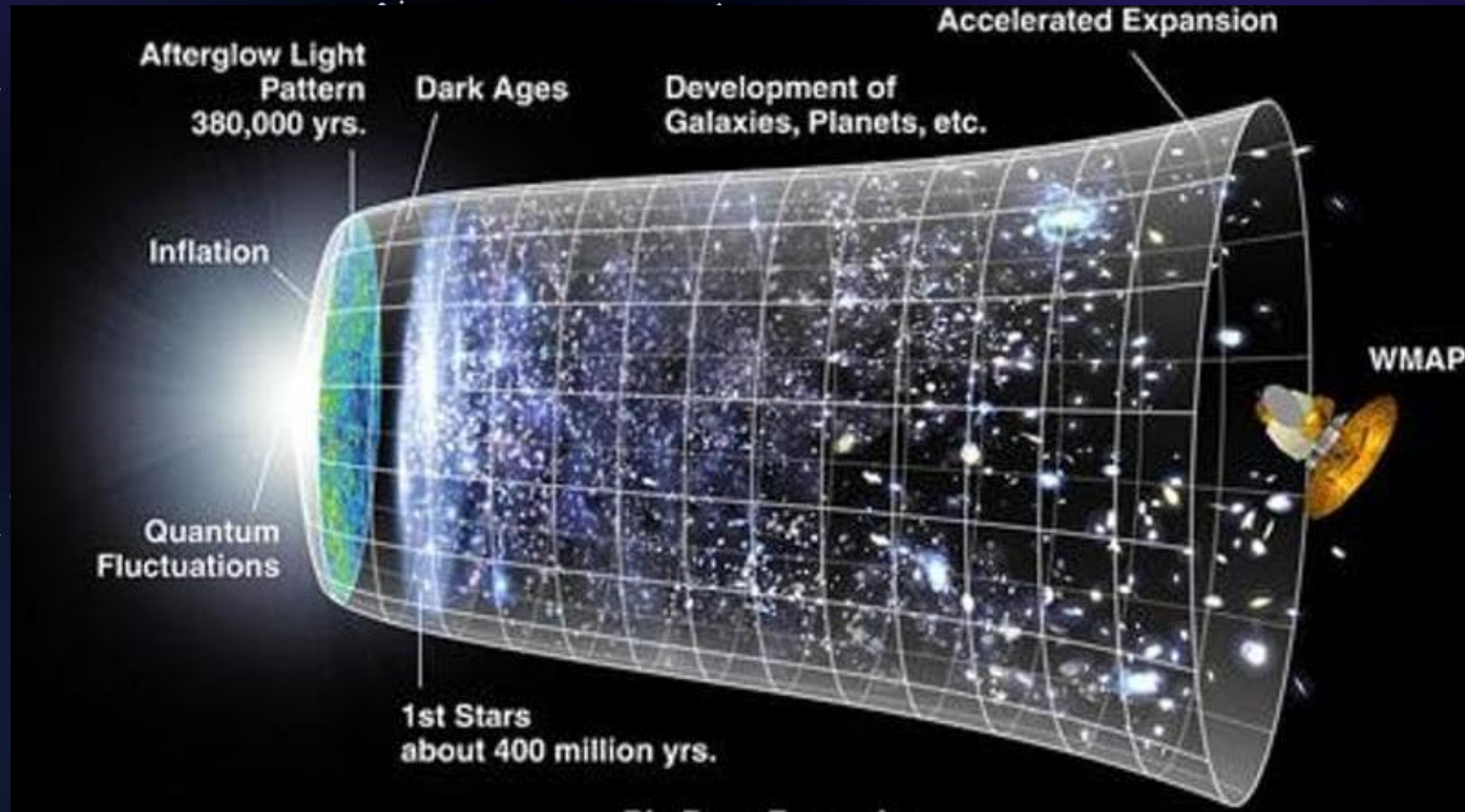
CHE COSA SI CERCA?

- Segnali debolissimi nella polarizzazione
- Separare il segnale dalla polvere galattica
- Confrontare esperimenti e modelli

Immagina dei puntini disegnati su un palloncino

Quando il palloncino si gonfia, i puntini si allontanano senza che uno sia il centro della superficie.





Cinque idee da portare a casa

Usale come domande di ripasso o discussione.

1

L'inflazione è...

una fase ipotizzata di espansione accelerata.

2

Quali problemi affronta?

orizzonte, piattezza e abbondanza di relitti esotici.

3

Che ruolo ha la CMB?

conserva informazioni sulle perturbazioni primordiali.

4

Come nascono le galassie?

le piccole differenze crescono per effetto della gravità.

5

È dimostrata definitivamente?

no: è influente e coerente con i dati, ma restano test aperti.

Fonti e risorse utilizzate

Pagine divulgative e scientifiche di NASA ed ESA, consultate per preparare i contenuti.

NASA Science — Overview / Cosmic Inflation

<https://science.nasa.gov/universe/overview/>

ESA — The cosmic microwave background and inflation

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Planck/The_cosmic_microwave_background_and_inflation

NASA — Big Bang and the Evolution of the Universe

<https://science.nasa.gov/astrophysics/programs/physics-of-the-cosmos/big-bang-and-the-evolution-of-the-universe/>

NASA WMAP — Overview

<https://science.nasa.gov/mission/wmap/wmap-overview/>

NASA Cosmic Times — Inflation in the Universe

<https://imagine.gsfc.nasa.gov/educators/programs/cosmictimes/educators/guide/1993/inflation.html>

Nota didattica: le figure sono schemi originali semplificati; non sono mappe osservative in scala.