

The background features a dark blue gradient with a subtle starfield. On the left side, there are several overlapping circular elements. A prominent one is a large circle with a scale around its perimeter, marked with numbers from 140 to 260 in increments of 10. Other circles are smaller and some have dashed outlines or arrows, suggesting a technical or scientific theme.

THE UNIVERSE AS A HOLOGRAM

ΓΙΩΡΓΟΣ ΚΑΤΣΙΑΝΗΣ

UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON

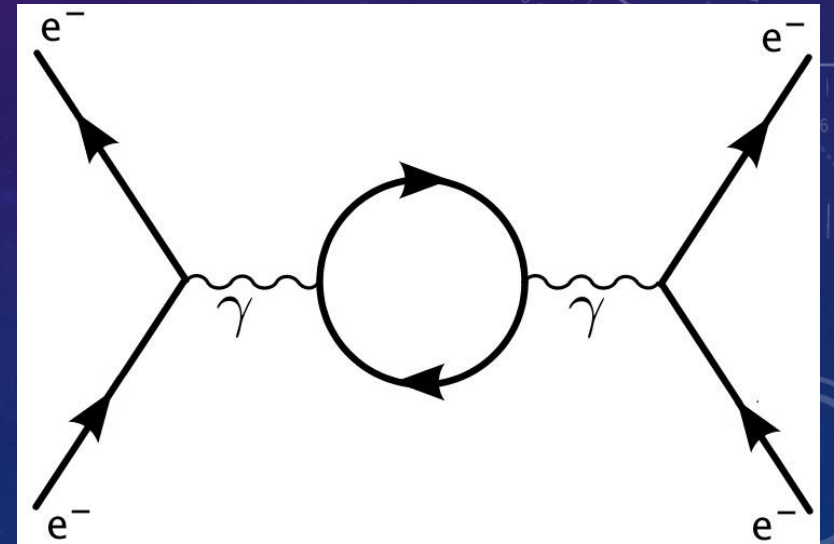
1ST STUDENT CHRISTMAS WORKSHOP THESSALONIKI
20/12/2018

4 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

- Ηλεκτρομαγνητική
- Ασθενής Πυρηνική
- Ισχυρή Πυρηνική
- Βαρύτητα

ΗΛΕΚΤΡΑΣΘΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΡΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

- Περιγράφονται από κβαντομηχανικές θεωρίες
- Πειραματική επιβεβαίωση με εξαιρετική ακρίβεια
- Συμφωνία θεωρίας και πειράματος στην κβαντική ηλεκτροδυναμική (10^{-8})



ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

- Η βαρύτητα οφείλεται στην καμπύλωση του χωροχρόνου
- $G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$
- Για πρώτη φορά μπορούμε να περιγράψουμε με εξισώσεις την ιστορία και εξέλιξη του σύμπαντός μας
- Ισχυρή πειραματική επιβεβαίωση



THE BIG BANG

INFLATION

COSMIC MICROWAVE
BACKGROUND
400,000 YEARS AFTER
BIG BANG

THE DARK AGES

FIRST STARS
400,000,000 YEARS
AFTER BIG BANG

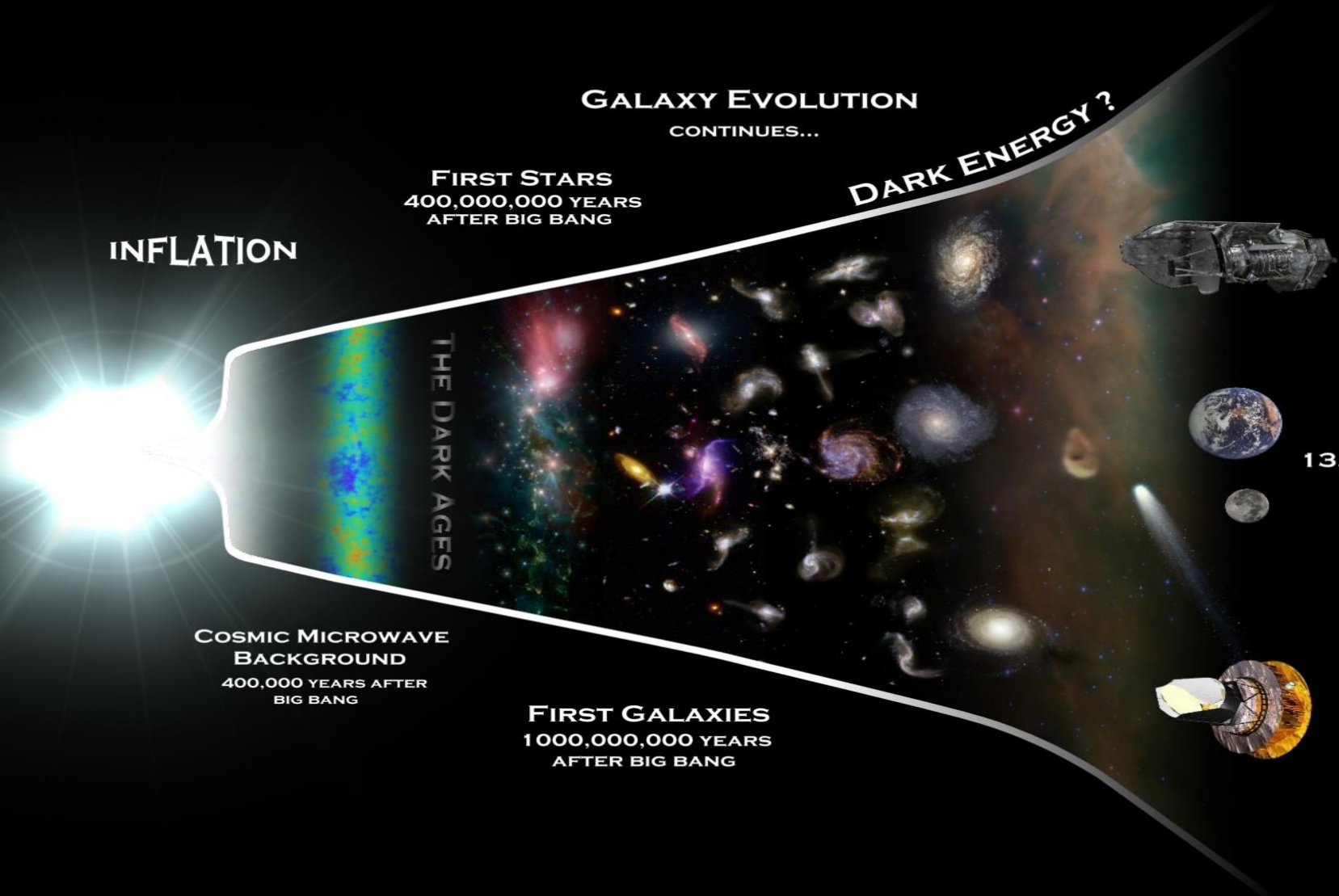
FIRST GALAXIES
1,000,000,000 YEARS
AFTER BIG BANG

GALAXY EVOLUTION
CONTINUES...

DARK ENERGY?

FORMATION OF
THE SOLAR SYSTEM
8,700,000,000 YEARS
AFTER BIG BANG

Now
13,700,000,000 YEARS
AFTER BIG BANG

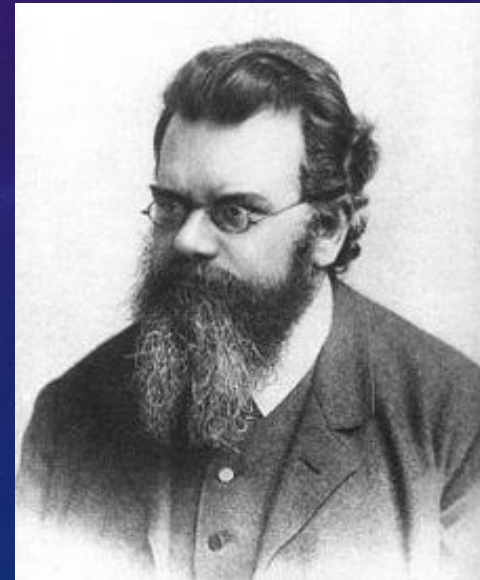


ΕΦΤΑΣΕ ΜΗΠΩΣ Η ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ?

- Κβαντομηχανική και Γενική θεωρία Σχετικότητας είναι ασύμβατες μεταξύ τους (πχ εντροπία μελανών οπών)
- Ίσως απαιτείται δραστική αλλαγή στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τη φυσική πραγματικότητα

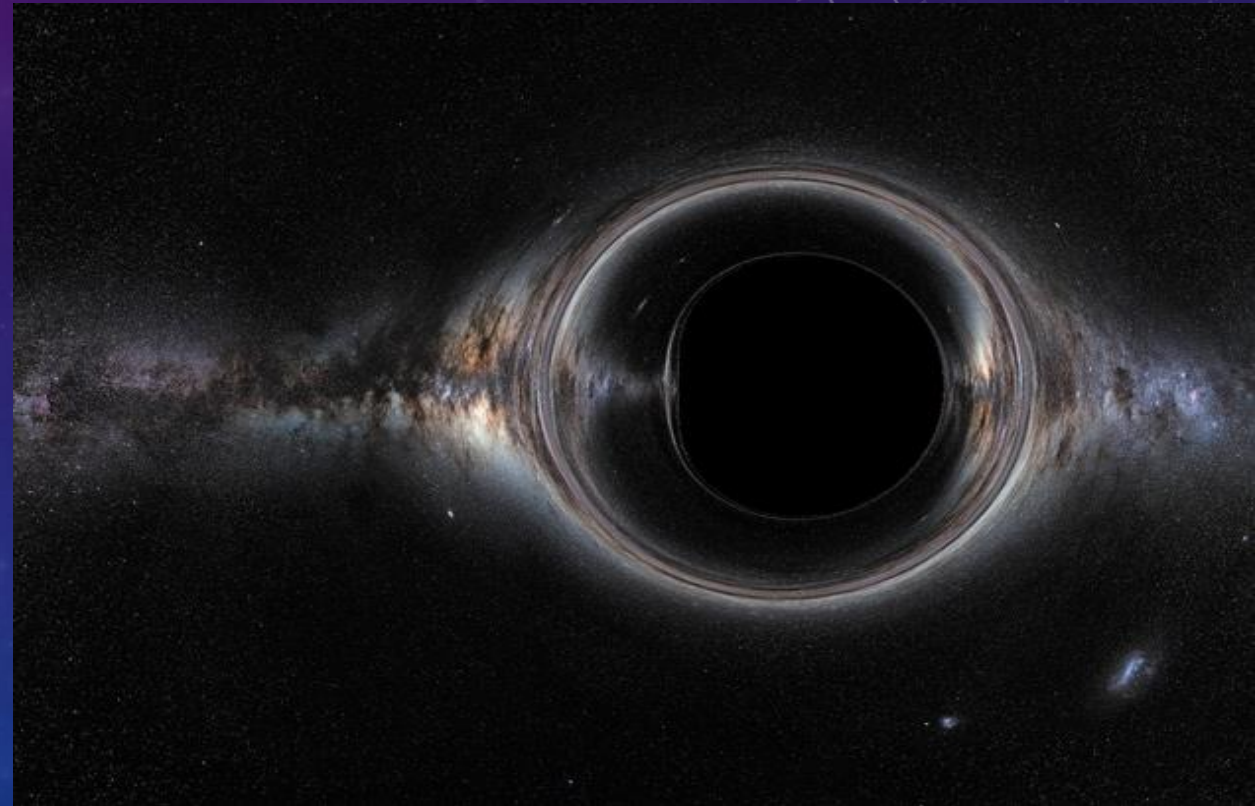
ΕΝΤΡΟΠΙΑ

- $S = k \log \Omega$
- Μέτρο του αριθμού όλων των διαφορετικών μικροκαταστάσεων που αντιστοιχούν στην ίδια μακροκατάσταση ενός συστήματος
- Μέτρο της 'πληροφορίας' που γνωρίζουμε για ένα σύστημα
- Η εντροπία ενός συστήματος είναι ανάλογη του όγκου που καταλαμβάνει



ΜΕΛΑΝΕΣ ΟΠΕΣ

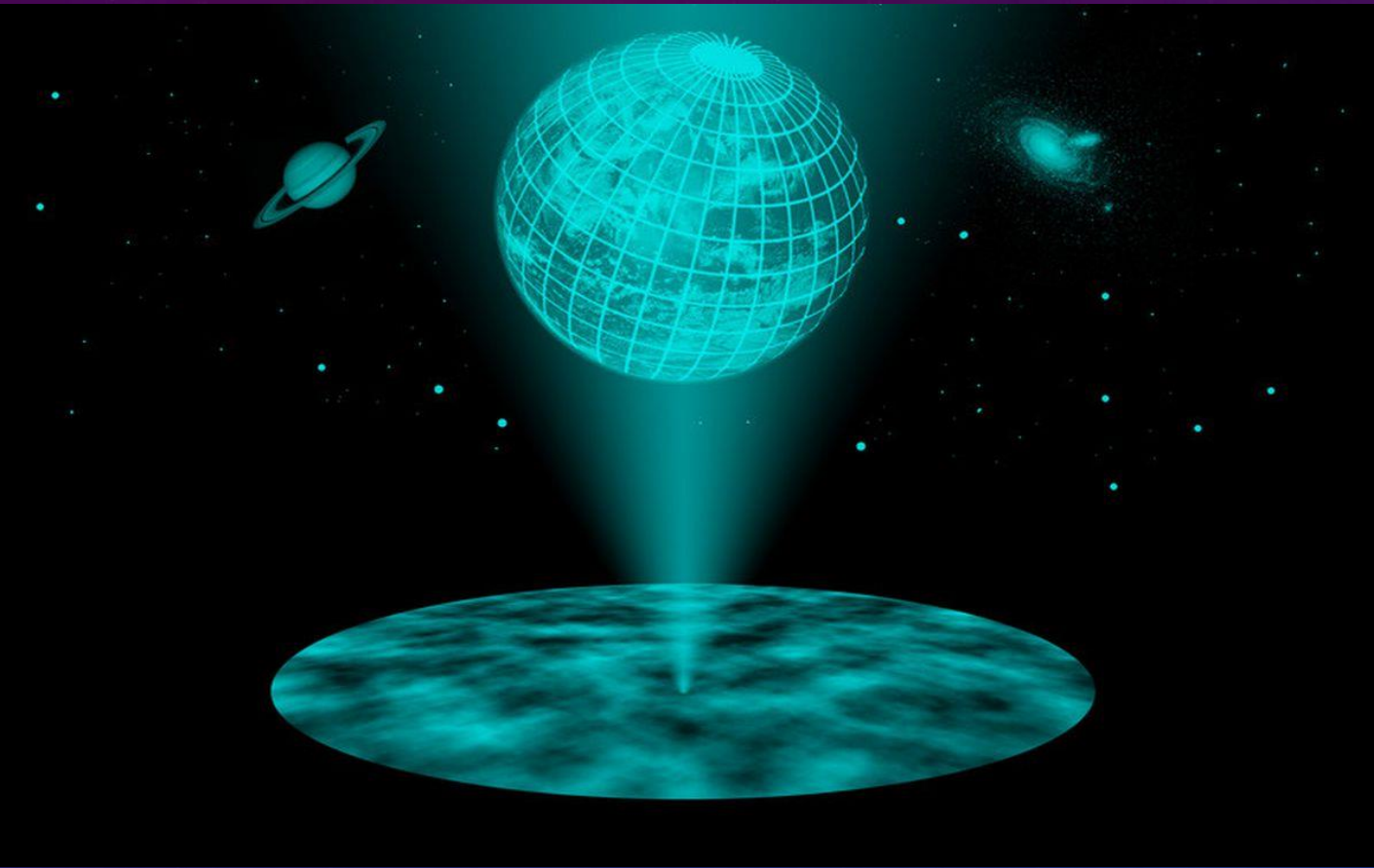
- Προβλέπονται από την Γενική Θεωρία της Σχετικότητας
- Στην κλασική περιγραφή τους τίποτα δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτές, ούτε το φως
- Έχουν εντροπία ανάλογη της επιφάνειάς τους, $S=A/4$
[Bekenstein , Hawking]



ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΡΧΗ

- Όλη η 'πληροφορία' που περιέχεται σε έναν όγκο μπορεί να προσδιοριστεί από την 'πληροφορία' που υπάρχει στην επιφάνεια που περικλείει τον όγκο αυτό [t'Hooft, Susskind]



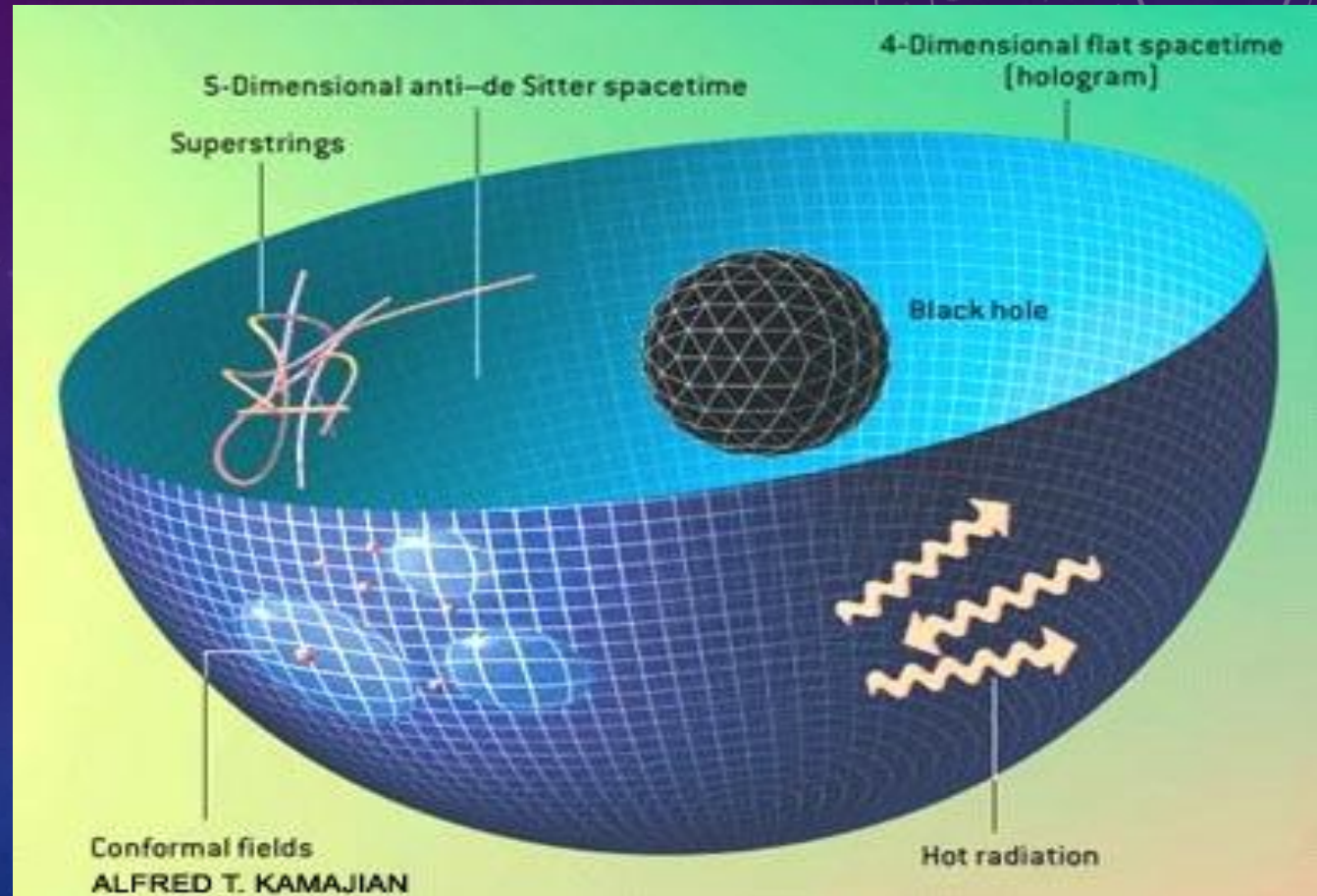


AdS/CFT

- Η πρώτη επιτυχημένη εφαρμογή της ολογραφικής αρχής το 1997 από το Maldacena
- Μία θεωρία βαρύτητας σε d διαστάσεις είναι ισοδύναμη με μία κβαντική θεωρία πεδίου σε $d-1$ διαστάσεις
- Περισσότερα από 14000 citations



- Οι περισσότερες θεωρίες που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα για να επιβεβαιώσουν την ολογραφική αρχή δεν αποτελούν βιώσιμα μοντέλα της φυσικής πραγματικότητας (πχ αρνητική κοσμολογική σταθερά). Υπήρξαν ιδιαίτερα χρήσιμες ωστόσο στο να καταλάβουμε καλύτερα την ισοδυναμία αυτή

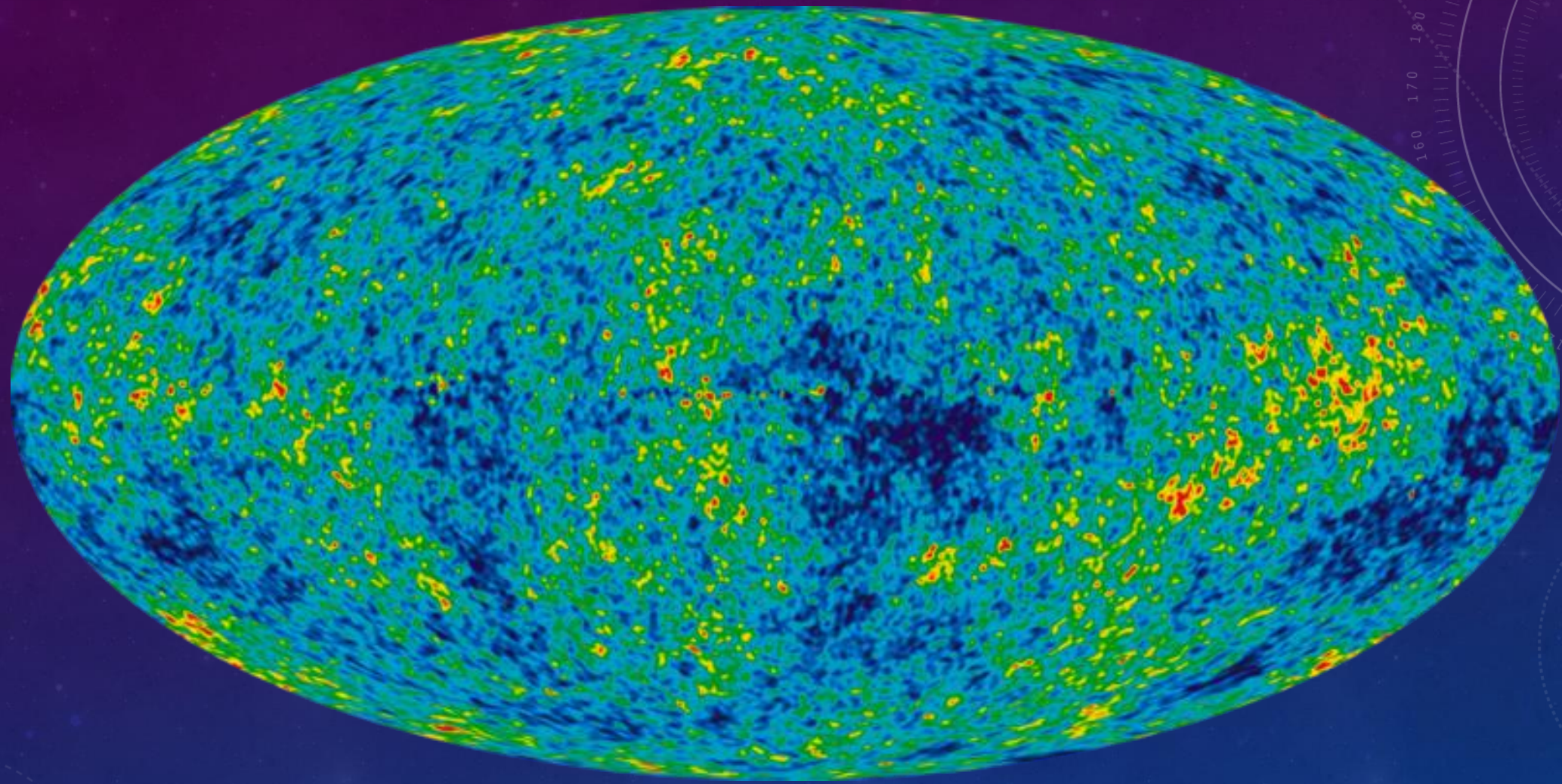


ΟΛΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

- Η ολογραφική αρχή προτείνει μία πολύ διαφορετική εκδοχή της φυσικής πραγματικότητας
- Η βαρύτητα και μία από τις μακροσκοπικές διαστάσεις που αντιλαμβανόμαστε είναι 'emergent' φαινόμενα, όπως η θερμοκρασία και η πίεση.

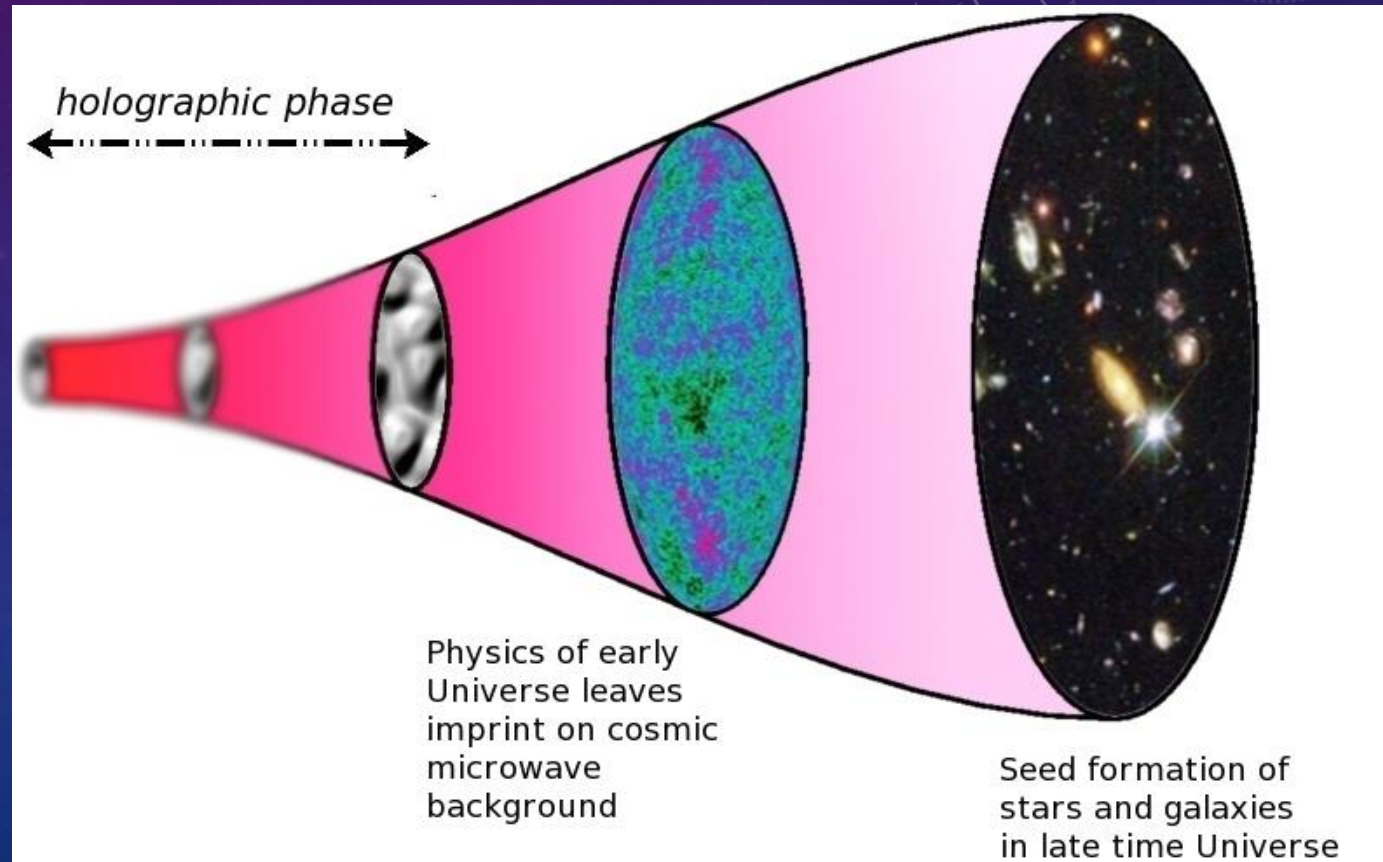
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ?

- Ήδη υπάρχουν κοσμολογικά ολογραφικά μοντέλα που είναι σε θέση να κάνουν ακριβείς προβλέψεις [McFadden, Skenderis]
- Τα μοντέλα αυτά μπορούν να εξηγήσουν κοσμολογικές παρατηρήσεις του πρώιμου σύμπαντος με την ίδια σχεδόν ακρίβεια με την επικρατούσα θεωρία [2017]



ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

- Στα πλαίσια του ολογραφικού μοντέλου, ερωτήσεις σχετικά με το τι έγινε πριν την μεγάλη έκρηξη αποκτούν πλέον νόημα



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Η ολογραφία μας δίνει τα μαθηματικά εργαλεία να μετατρέψουμε ένα πρόβλημα κβαντικής θεωρίας πεδίου σε ένα πρόβλημα βαρύτητας, που ενδεχομένως είναι πιο εύκολα επιλύσιμο (πχ υπεραγωγοί υψηλών θερμοκρασιών)
- Ενδεχόμενη σύνδεση μεταξύ ολογραφίας , κβαντικών υπολογιστών και machine learning

ΣΥΝΟΨΗ

- Ισχυρές ενδείξεις ότι η ολογραφία είναι πραγματική. Κάτι που ίσως αλλάξει εντελώς την αντίληψη μας για την φυσική πραγματικότητα, όπως συνέβη με τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας και τη Κβαντομηχανική
- Είμαστε ωστόσο στα αρχικά στάδια της κατανόησης της ολογραφικής αρχής και είναι πολύ πιθανό να χρειαστούν νέα μαθηματικά για αυτό
- Στο μέλλον καλύτερα κοσμολογικά παρατηρησιακά δεδομένα θα μας βοηθήσουν να ρίξουμε περισσότερο φως