

# Κοσμολογία με απλά υλικά



Τίνα Νάντσου Φυσικός

Επιστημονικός Συνεργάτης Εργαστηρίου Φυσικής

Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών

2019

PI PERIMETER  
INSTITUTE



EGO EUROPEAN  
GRAVITATIONAL  
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστημίων Αθηνών  
— ΛΕΥΚΗ ΤΟΞΗ —



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ  
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ







# Τι θα κουβεντιάσουμε σήμερα;

Σε αυτή την παρουσίαση θα αναφερθώ σε ένα μικρό αριθμό από επιλεγμένα θέματα από την κοσμολογία:

- ▣ Ιστορία της Κοσμολογίας
- ▣ Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)
- ▣ Κοσμική ακτινοβολία
- ▣ Τι σχέση έχει η Κοσμολογία με τα μεγάλα πειράματα
- ▣ Βαρυτικά κύματα

# Τι είναι η κοσμολογία

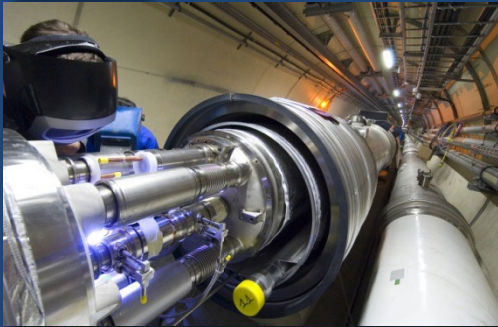
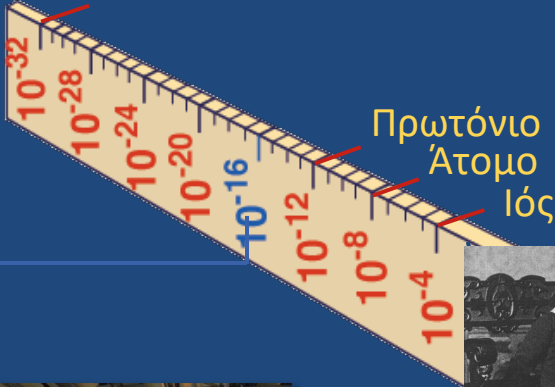
Η κοσμολογία είναι η επιστήμη που προσπαθεί να εξηγήσει το Σύμπαν στο οποίο ζούμε.

Στην αρχαία Ελλάδα ονομαζόταν Κοσμογονία.

Τα ερωτήματα είναι:

- ▣ Πώς ξεκίνησε (αν ξεκίνησε) το Σύμπαν;
- ▣ Πώς εξελίσσεται;
- ▣ Πώς θα τελειώσει;

Μεγάλη Έκρηξη

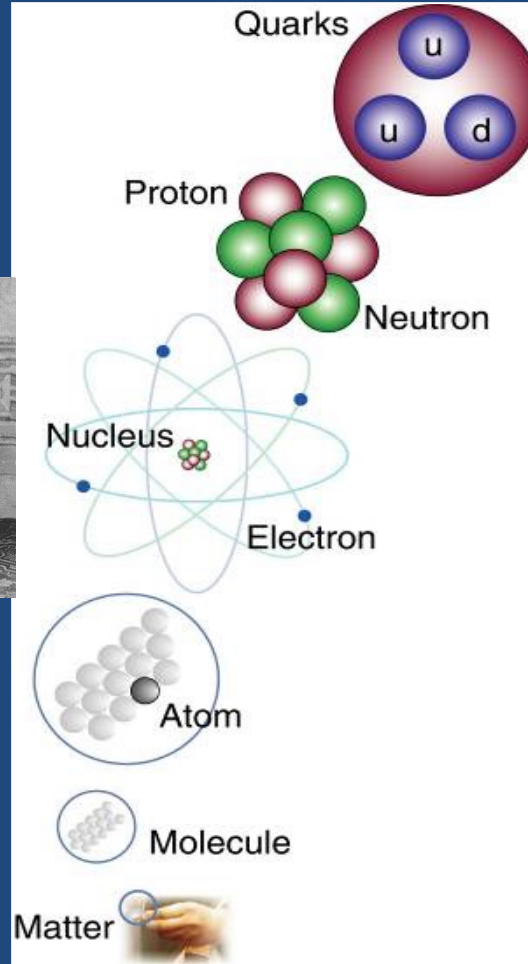


LHC

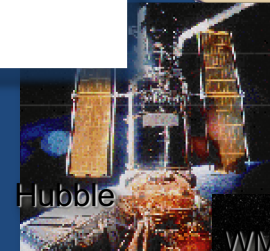
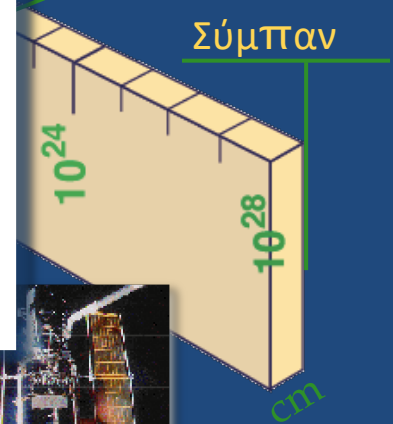
## Super-Μικροσκόπιο



Οι νόμοι της φυσικής στις πρώτες στιγμές μετά την Μεγάλη Έκρηξη. Συμβίωση μεταξύ σωματιδιακής φυσικής, αστροφυσικής, και κοσμολογίας.



Γαλαξίες



Hubble



WMAP

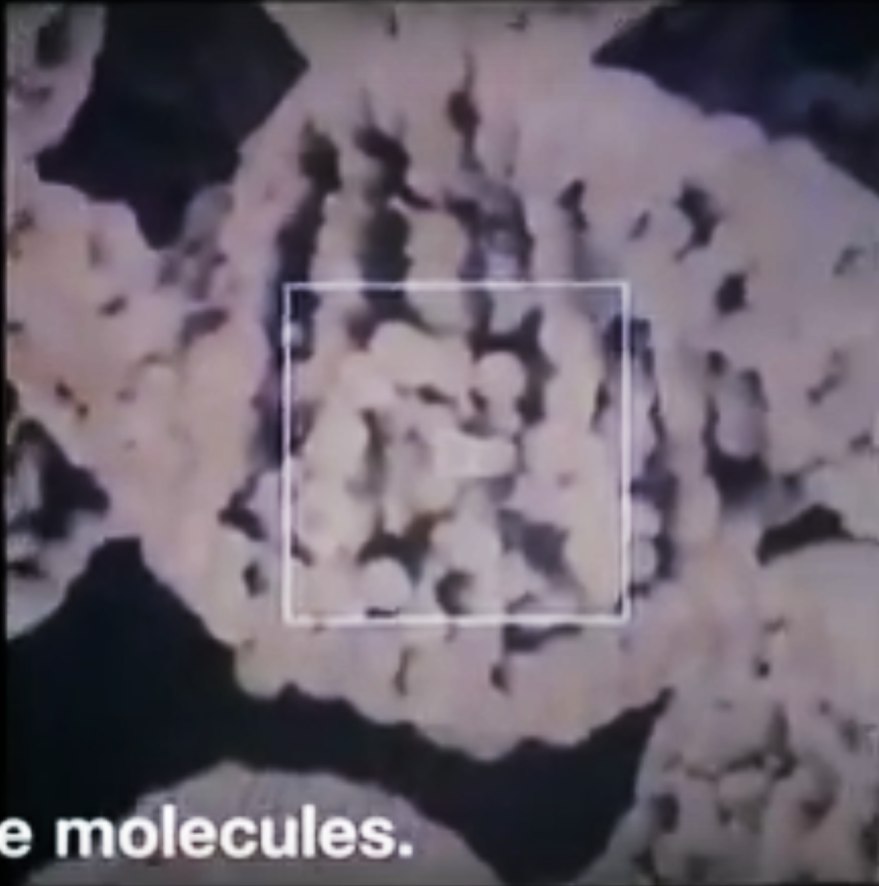


# Η κλίμακα του Σύμπαντος

15/21 The building blocks of the Universe



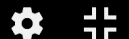
100 ångstroms



$10^{-8}$   
meters

and make molecules.

1:01 / 2:12



# Η ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΌΣΤΑΣΗ ΓΗΣ- ΣΕΛΗΝΗΣ

(περίπου 30 φορές η διάμετρος της Γης)

THIS IS WRONG



EARTH DIAMETER

12.742 KM  
7917,5 MILES

MOON DIAMETER

3.474 KM  
2159 MILES

DISTANCE EARTH - MOON

405.696 KM  
252.088 MILES

# Κλίμακα στο Σύμπαν

- ▣ Δεν μπορούμε ταυτόχρονα να δείξουμε τις αποστάσεις και τα μεγέθη κρατώντας τις πραγματικές αναλογίες των μεγεθών
- ▣ Στοχεύουμε κάθε φορά στο μέγεθος που μας ενδιαφέρει ( όγκος, αποστάσεις)
- ▣ Πρέπει να αναφέρονται οι περιορισμοί της αναπαράστασης
- ▣ Το ίδιο μπορούμε να κάνουμε και με τις αποστάσεις στον μικρόκοσμο

Πλανητάριο Ίδρυμα Ευγενίδου  
Αναπαράσταση της κοσμικής κλίμακας  
( με τον διευθυντή Μ. Κιτσώνα)





# Η πραγματική κλίμακα



ΞΕΡΕΙΣ ΠΟΙΟΣ  
ΕΙΜΑΙ ΕΓΩ ΡΕ;

# Stephen Hawking - The Big Bang





# Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)

- ▣ Η κοσμολογία έχει, όπως και η σωματιδιακή φυσική, το 'καθιερωμένο πρότυπο' της.
- ▣ Η θεωρία αυτή αναπτύχθηκε από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, μετά την ανάπτυξη της Γενικής θεωρίας της Σχετικότητας.



- Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης δεν είναι μια ακόμη θεωρία που προσπαθεί να εξηγήσει το Σύμπαν και την εξέλιξη του, είναι **Η Θεωρία**.
- Η θεωρία έχει αποδειχθεί πειραματικά.
- Στην επιστήμη υπάρχει μόνο παρατήρηση, μέτρηση και επιβεβαιώνει ή όχι την θεωρία.

# Η Μεγάλη Έκρηξη



# Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)

- ▣ Είναι ενδιαφέρον πως η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang) δεν ήταν πάντα 'της μόδας'.
- ▣ Όταν ο Einstein διετύπωσε τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας, είδε ότι το Σύμπαν δε μπορεί να είναι στατικό όπως ήταν η επικρατούσα θεωρία εκείνη την εποχή.
- ▣ Έβαλε ,λοιπόν, 'με το χέρι' μια ακόμη παράμετρο στην θεωρία του που έκανε το Σύμπαν «με το ζόρι» στατικό.
- ▣ Αργότερα, παραδέχτηκε πως ήταν το μεγαλύτερο λάθος της καριέρας του.

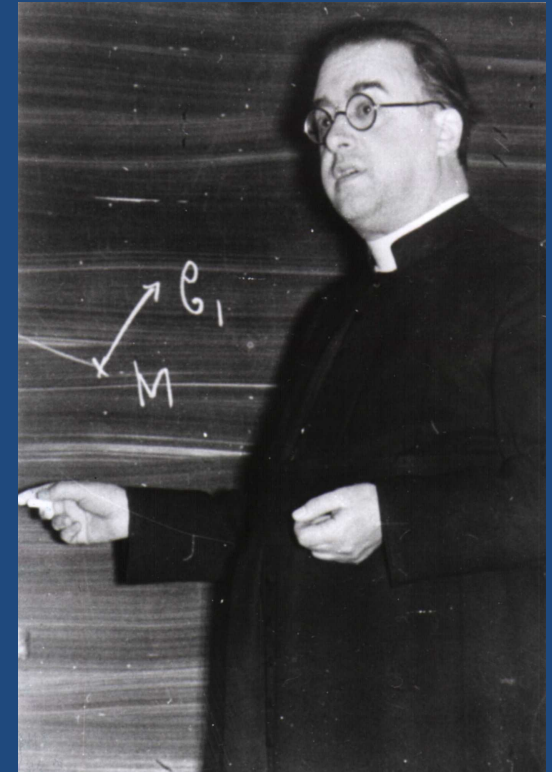


# Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)

- ▣ Η θεωρία του Big Bang δεν ασχολείται (ούτε την ενδιαφέρει) τι συνέβη πριν την Μεγάλη Έκρηξη ή τι την προκάλεσε.  
Ασχολείται μόνο με το τι συνέβη μετά τη Μεγάλη Έκρηξη .
- ▣ Η θεωρία άρχισε να καθιερώνεται μετά τις μετρήσεις του Hubble και εδραιώθηκε μετά την ανακάλυψη της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου.
- ▣ Το εργαλείο για να αποτυπωθεί η φυσική διεργασία είναι τα μαθηματικά.

# Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)

- ▣ Η επικρατούσα θεωρία στις αρχές του αιώνα θεωρούσε ότι το Σύμπαν είναι αιώνιο και αμετάβλητο.
- ▣ Είχε όμως ένα μικρό πρόβλημα: δε μπορούσε να εξηγήσει εύκολα το 'παράδοξο του μαύρου νυχτερινού ουρανού'.
- ▣ Ένας Βέλγος φυσικός και ιερέας, ο Georges LeMaitre, εξέλιξε την θεωρία πως το Σύμπαν είχε αρχή.
- ▣ Ο αντίπαλος του Βρετανός αστρονόμος, Fred Hoyle, βάφτισε εμπαιζώντας την θεωρία αυτή, 'μεγάλο γδούπο' (Big Bang) .



# Αποδείξεις για το Big Bang

Τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης είναι :

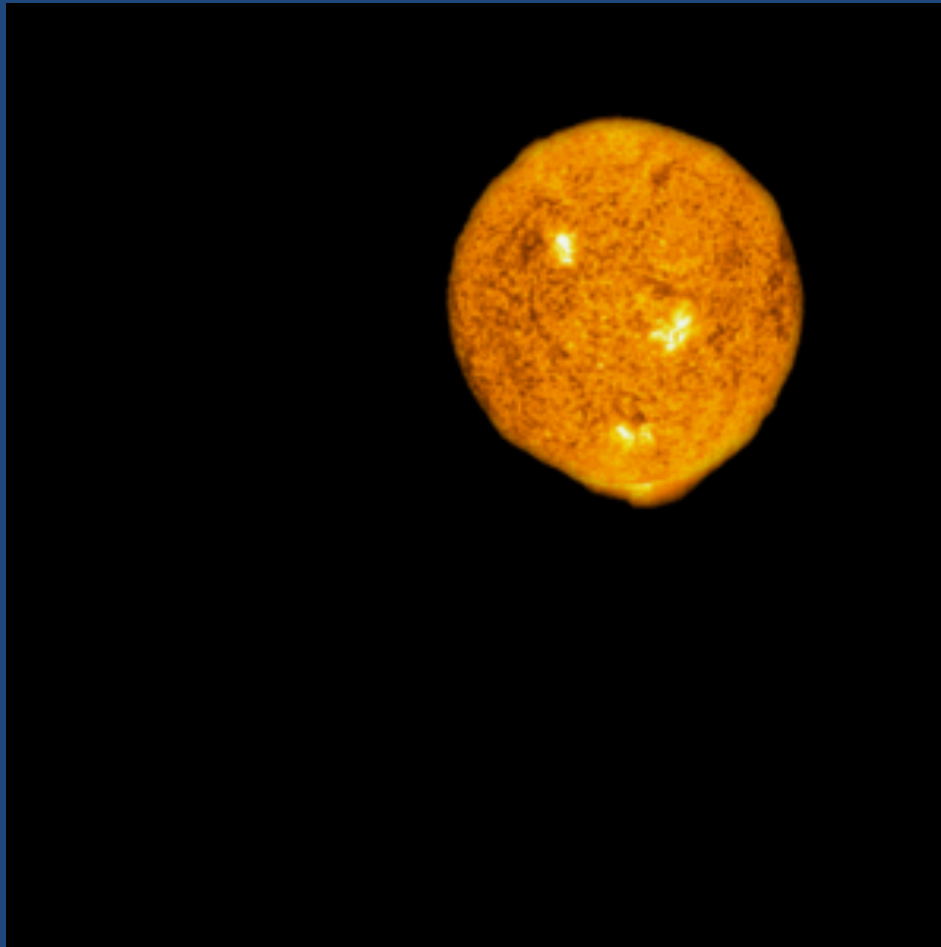
1. Οι παρατηρήσεις των αστρονόμων που αποδεικνύουν την διαστολή του Σύμπαντος - (Ο Edwin Hubble ήταν ο πρωτοπόρος)
2. Η ανίχνευση της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου (για πρώτη φορά ανιχνεύθηκε από τους Penzias και Wilson).
3. Ένα τρίτο ισχυρό επιχείρημα, που δεν αναφέρεται συχνά, είναι το γεγονός ότι η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης αναπαράγει με μεγάλη ακρίβεια τις παρατηρούμενες αφθονίες των ελαφρών στοιχείων  $^4\text{He}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$  και  $^7\text{Li}$ .



# Το Σύμπαν διαστέλλεται - το παράδοξο του Olbers

- ▣ Ο ουρανός είναι σκοτεινός το βράδυ. Γιατί;
- ▣ Αν το Σύμπαν είχε πάντα την ίδια συμπεριφορά δηλαδή αν είναι στατικό, άπειρης ηλικίας και άπειρης έκτασης
- ▣ Σε κάθε σημείο του ουρανού θα υπήρχε ένας αστέρας
- ▣ Όλο το Σύμπαν θα ήταν θερμό σαν την επιφάνεια ενός άστρου

Το παράδοξο του σκοτεινού  
νυχτερινού ουρανού (Olbers paradox)  
(1826)



# Πώς θα δείξουμε στα παιδιά το παράδοξο του Olbers;

- ▣ 1. Με φακούς/κινητά
- ▣ 2. Με κεριά/αναπτήρες
- ▣ 3. Με άλλες φωτεινές πηγές του χώρου

# Πειράματα αστρονομίας με απλά υλικά

- ▣ Γιατί ο ουρανός είναι κόκκινος κατά την ανατολή και την Δύση του Ηλίου;
- ▣ Γιατί ο ουρανός είναι μπλε την ημέρα;
- ▣ Το φάσμα του φωτός



# Το πείραμα με το νουνού!

( Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών )



# Τι γίνεται σε άλλους πλανήτες; (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)





# Πώς μαζεύουμε πληροφορίες για το διάστημα;

- ▣ Όλη η γνώση μας για τα αντικείμενα εκτός του Ηλιακού Συστήματος στηρίζεται αποκλειστικά στο φως που εκπέμπουν.



# Γιατί ο ουρανός είναι κόκκινος κατά την ανατολή και την δύση του Ηλίου;

- ▣ Τα μόνα χρώματα που ακολουθούν την ευθύγραμμη πορεία τους μέσα στην ατμόσφαιρα ,χωρίς να ενοχλούνται από τα μόρια του αέρα είναι το κόκκινο, το πορτοκαλί και το πορφυρό.
- ▣ Το γαλάζιο και το ιώδες συναντούν παντού εμπόδια και δεν καταφέρνουν να κάνουν τη διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα



Γιατί ο ουρανός είναι γαλάζιος;

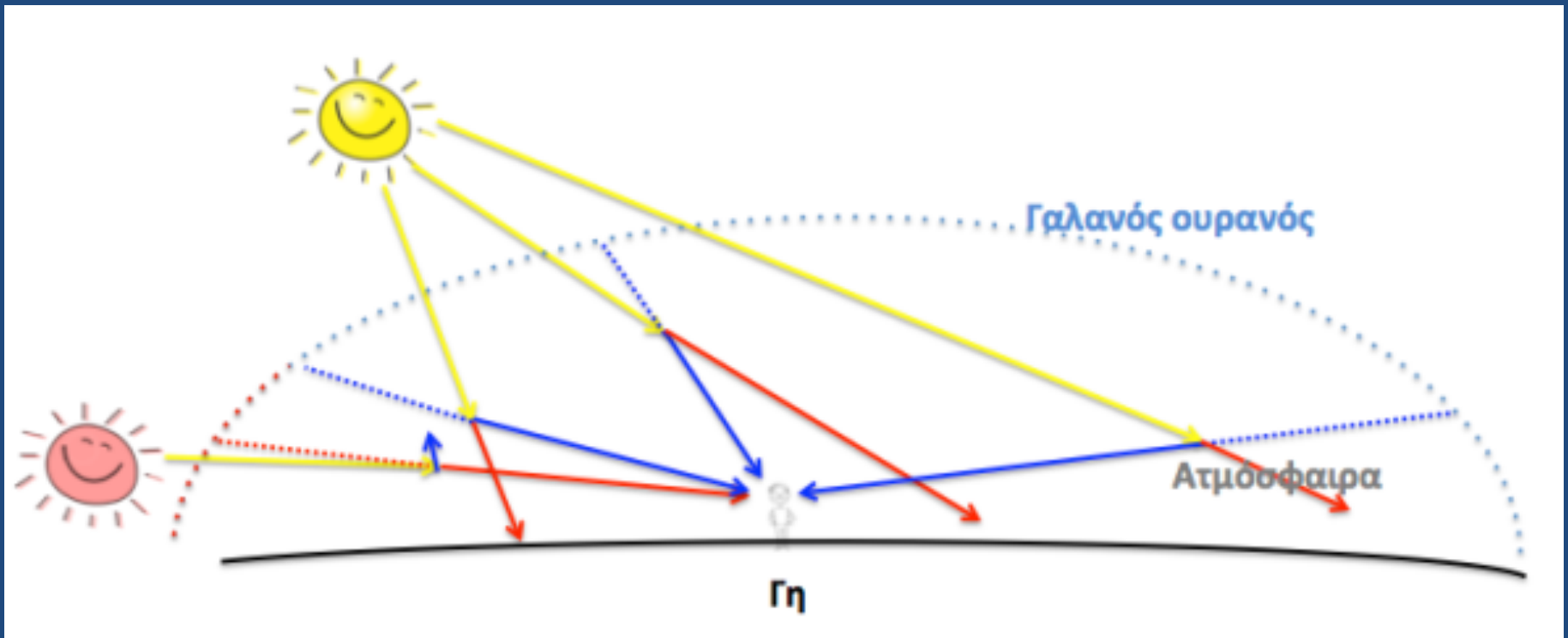




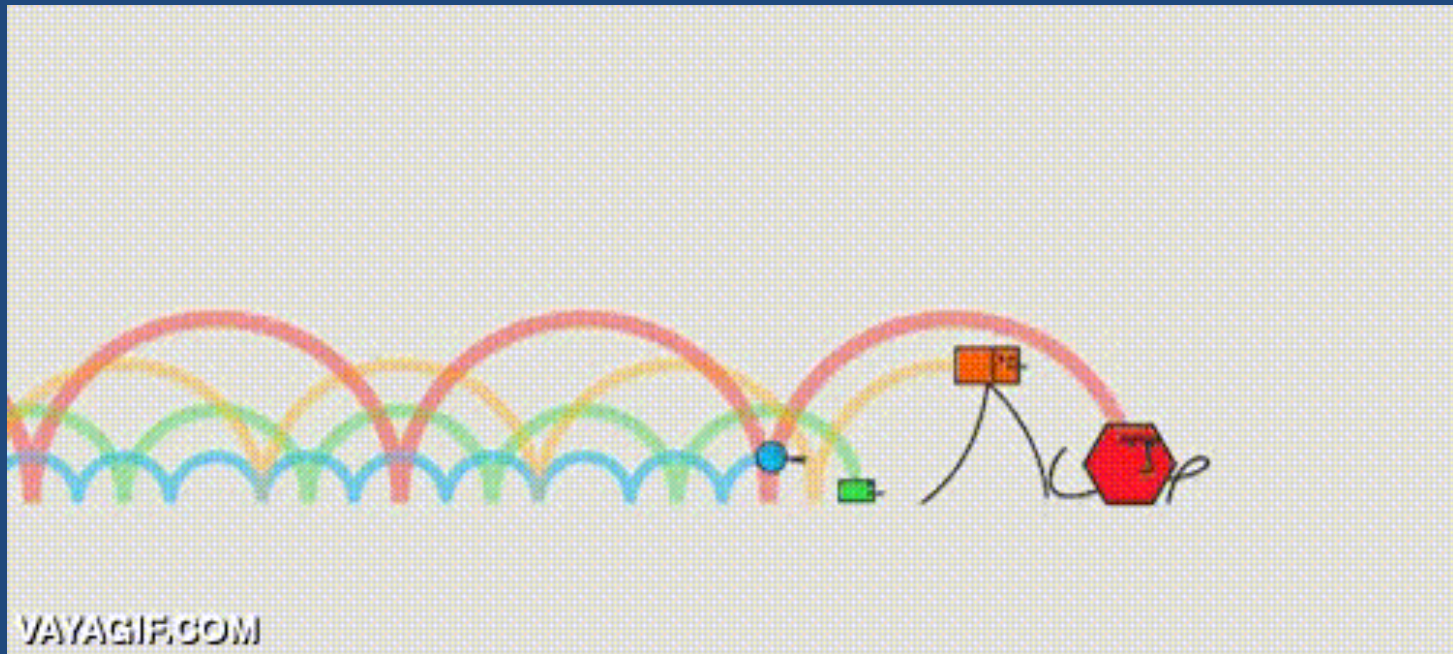
# Γιατί ο ουρανός είναι γαλάζιος;

- ▣ Όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος ενός χρώματος τόσο δυσκολότερο είναι γι' αυτό να διασχίσει την ατμόσφαιρα.
- ▣ Τα χρώματα που δυσκολεύονται περισσότερο είναι το ιώδες και το γαλάζιο.
- ▣ Ο Ήλιος εκπέμπει λιγότερο ιώδες χρώμα απ' ότι γαλάζιο.
- ▣ Το μάτι μας αναμιγνύει το κίτρινο με το ιώδες και γίνεται γαλάζιο

# Η πορεία του ηλιακού φωτός



# Τα διαφορετικά μήκη κύματος





# Πώς φαίνεται ο ουρανός από τη Σελήνη;



# Ανάλυση του φωτός- φάσμα



# Ουράνιο τόξο στο ταβάνι





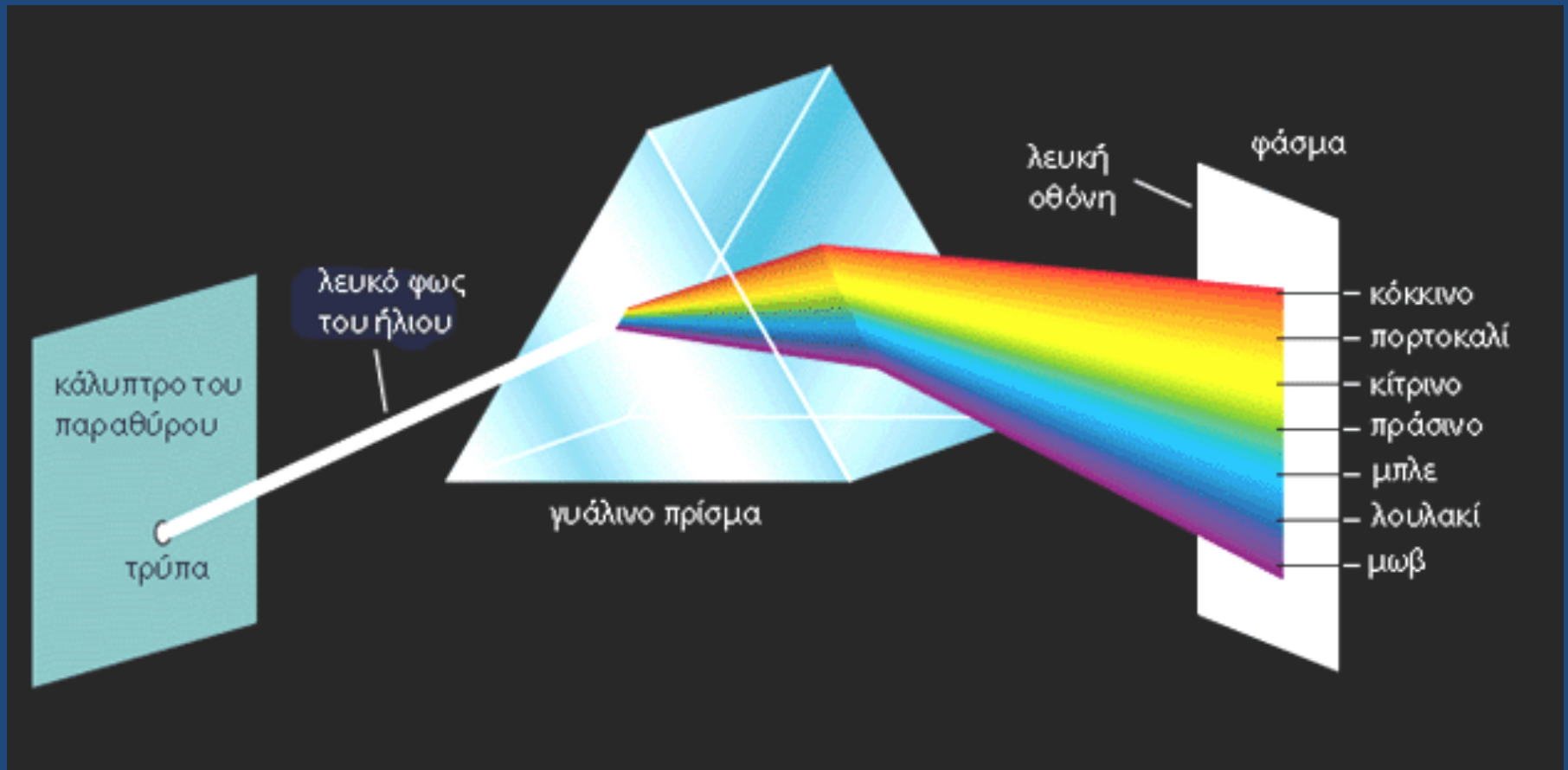
# Φάσμα με cd







# Ανάλυση του λευκού φωτός





# O Hubble



# Ο Hubble και το τηλεσκόπιο του

- ▣ Για πρώτη φορά έγινε τεχνικά δυνατόν να μετρήσει κάποιος την ταχύτητα των γαλαξιών σε σχέση με την απόσταση τους από τη Γη.
- ▣ Ο Hubble περίμενε να μετρήσει τους μισούς γαλαξίες να απομακρύνονται από τη Γη (red shifted) και τους άλλους μισούς να πλησιάζουν (blue shifted)
- ▣ Αυτό που μέτρησε ήταν πως όλοι οι γαλαξίες απομακρύνονταν από τη Γη.
- ▣ Το Σύμπαν δεν είναι στατικό (1929)



# Μάντεψε Ποιος

- ▣ Μετά τη μεγάλη ανακάλυψη του Hubble ποιος σκαρφάλωσε στο βουνό Wilson για να παρατηρήσει την κίνηση των γαλαξιών;



# Ο νόμος του Hubble (1929)

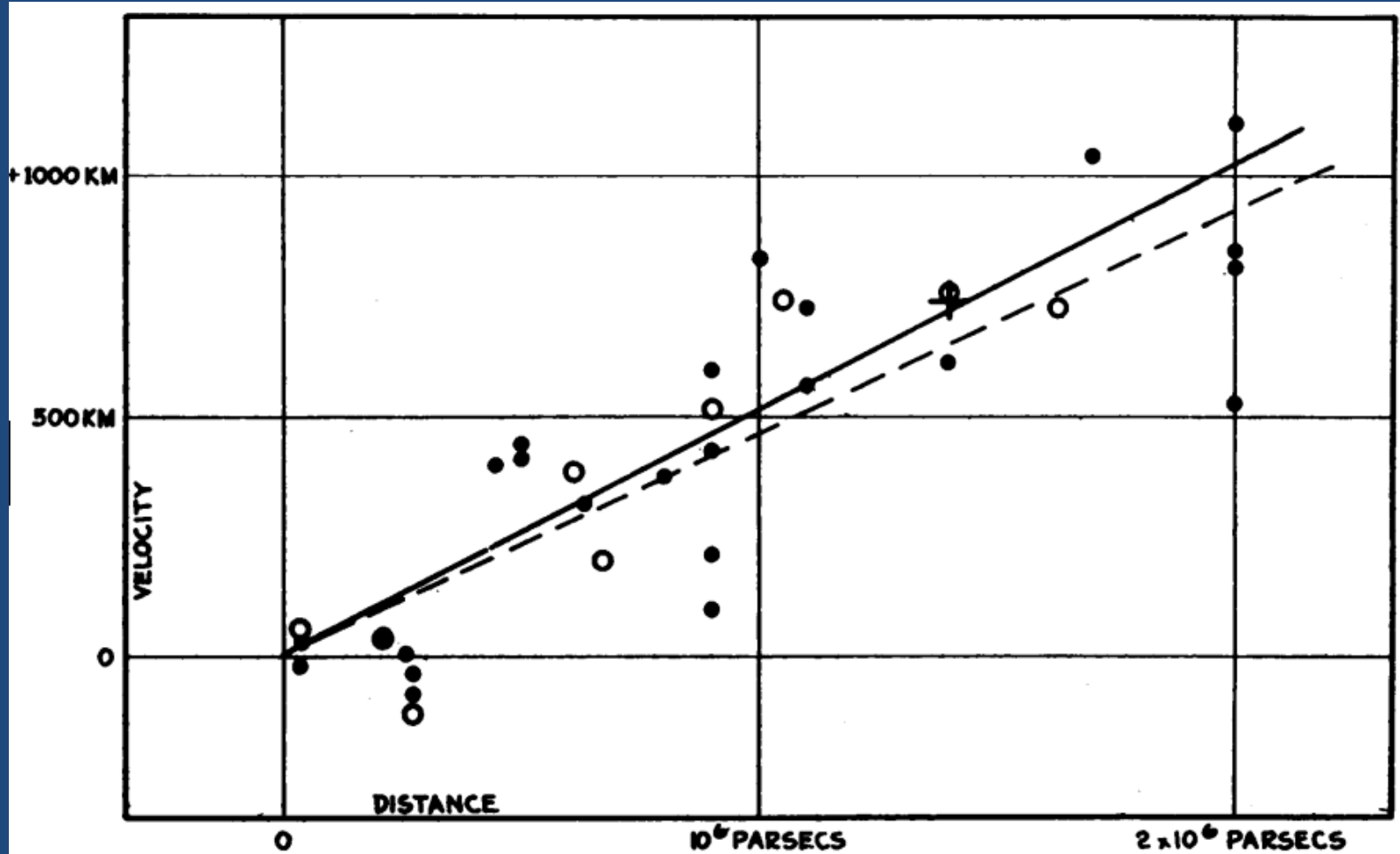


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

# Το Σύμπαν διαστέλλεται

↑  
Χρόνος

→  
Χώρος

Τίνα Νάντοου





Οι γαλαξίες απομακρύνονται



# Η απομάκρυνση των γαλαξιών χώρος 2 διαστάσεων





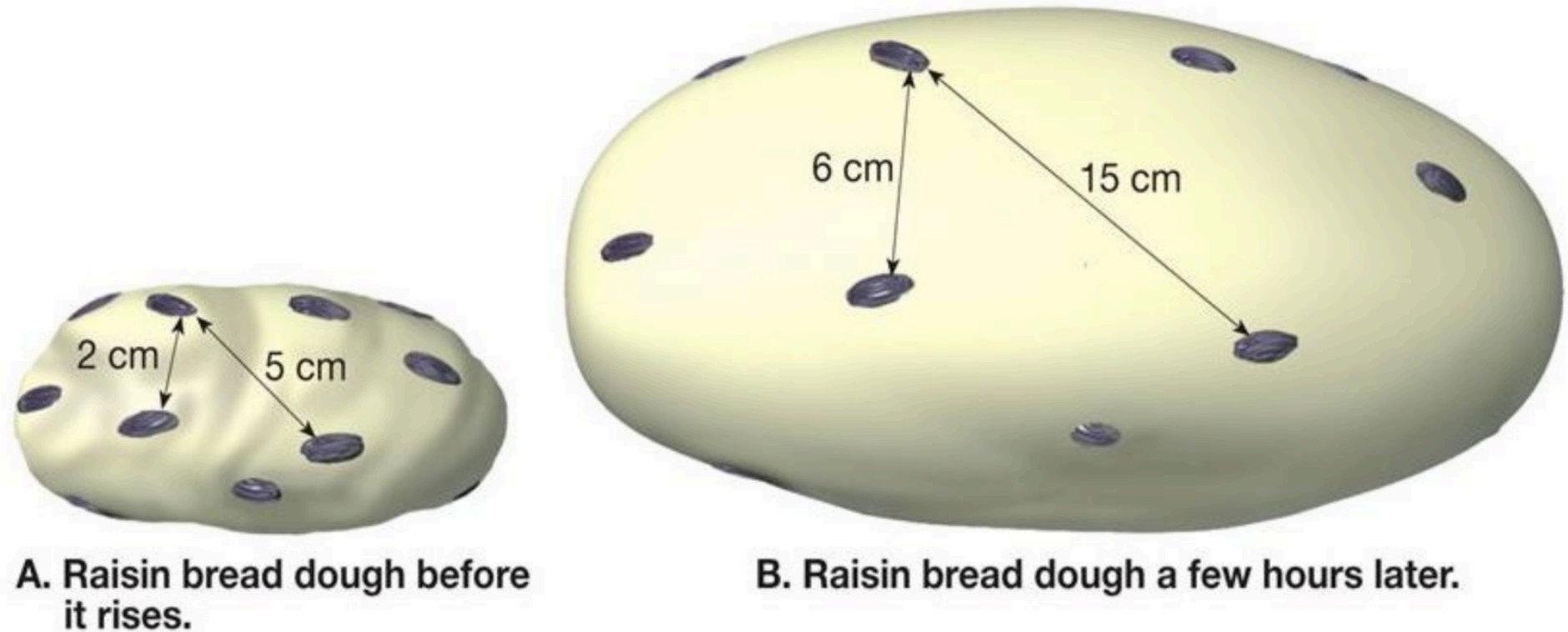
## Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος



# Η απομάκρυνση των γαλαξιών

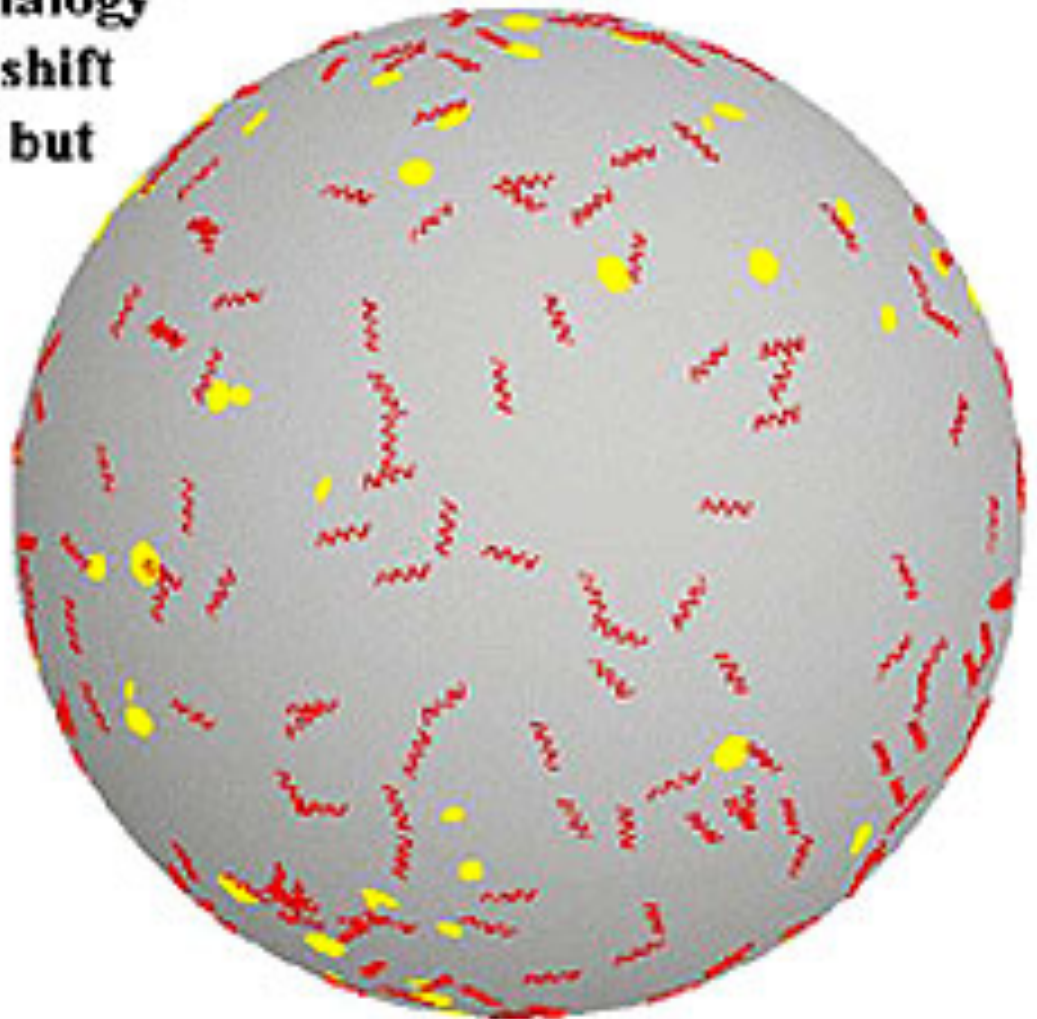
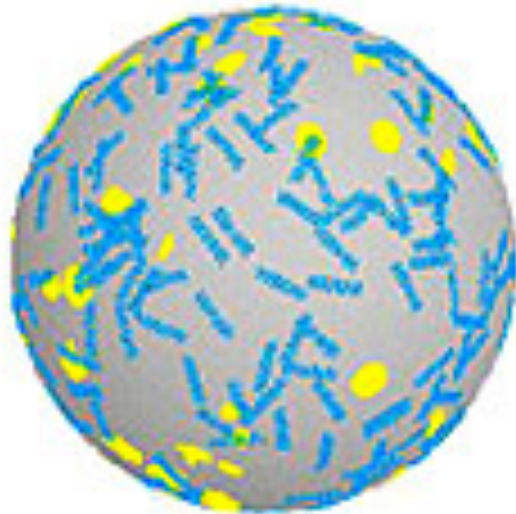
- ▣ Ας φανταστούμε όντα δύο διαστάσεων που βρίσκονται πάνω στο μπαλόني.  
Ας φανταστούμε 2 μυρμήγκια
- ▣ Πώς θα αντιλαμβάνονταν την απομάκρυνση των γαλαξιών;
- ▣ Τι θα γίνει αν χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά μπαλόνια;
- ▣ Η διαστολή έχει ή όχι κέντρο;

# ***Raisin bread analogy of an expanding universe***



Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

**Expanding Balloon Analogy**  
**Photons move and redshift**  
**Galaxies spread apart but**  
**stay the same size**



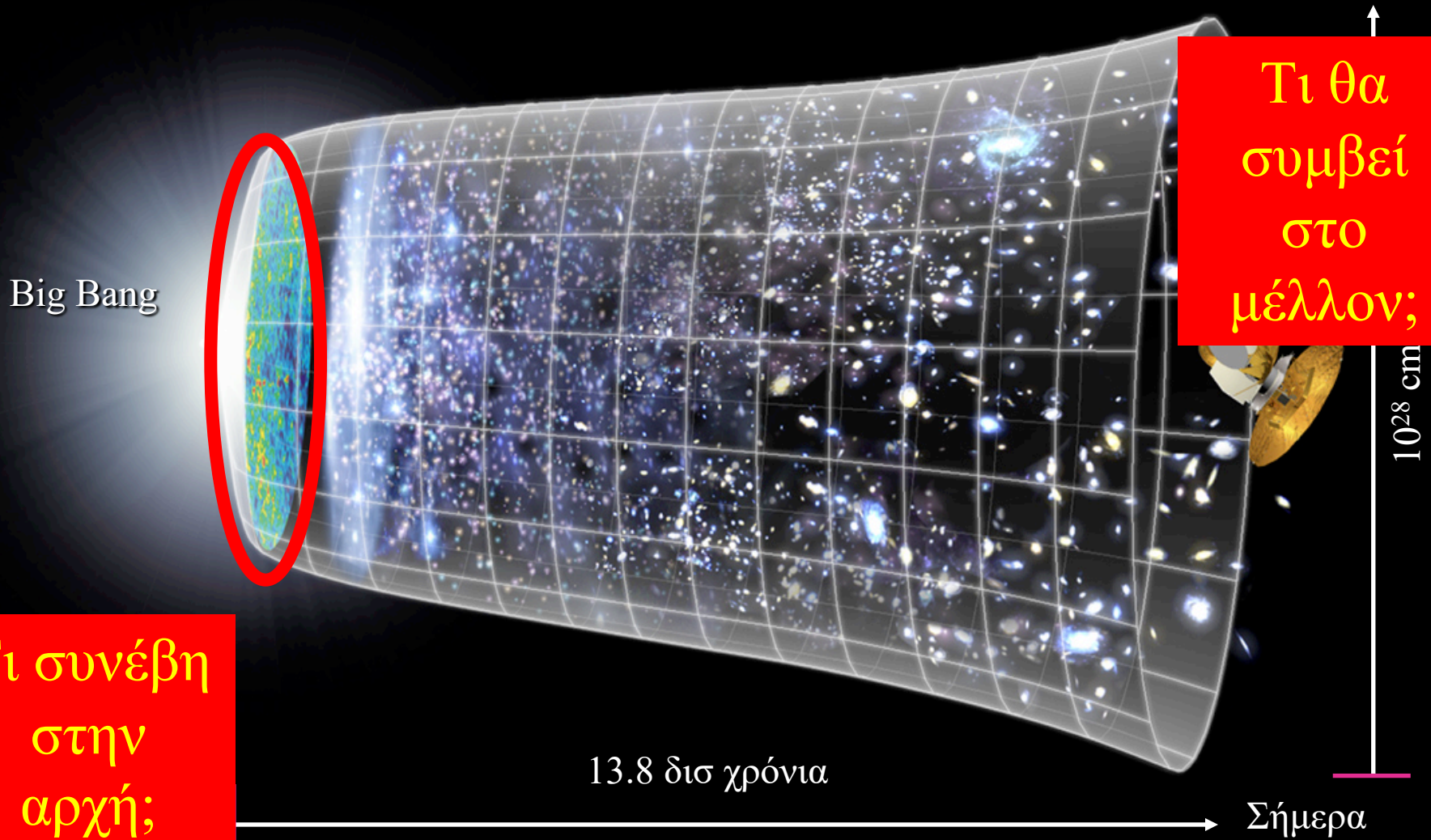


Τι είναι η καμπύλωση του χωρόχρονου;





# Η εξέλιξη του Σύμπαντος



Τι συνέβη στην αρχή;

Τι θα συμβεί στο μέλλον;

John Ellis



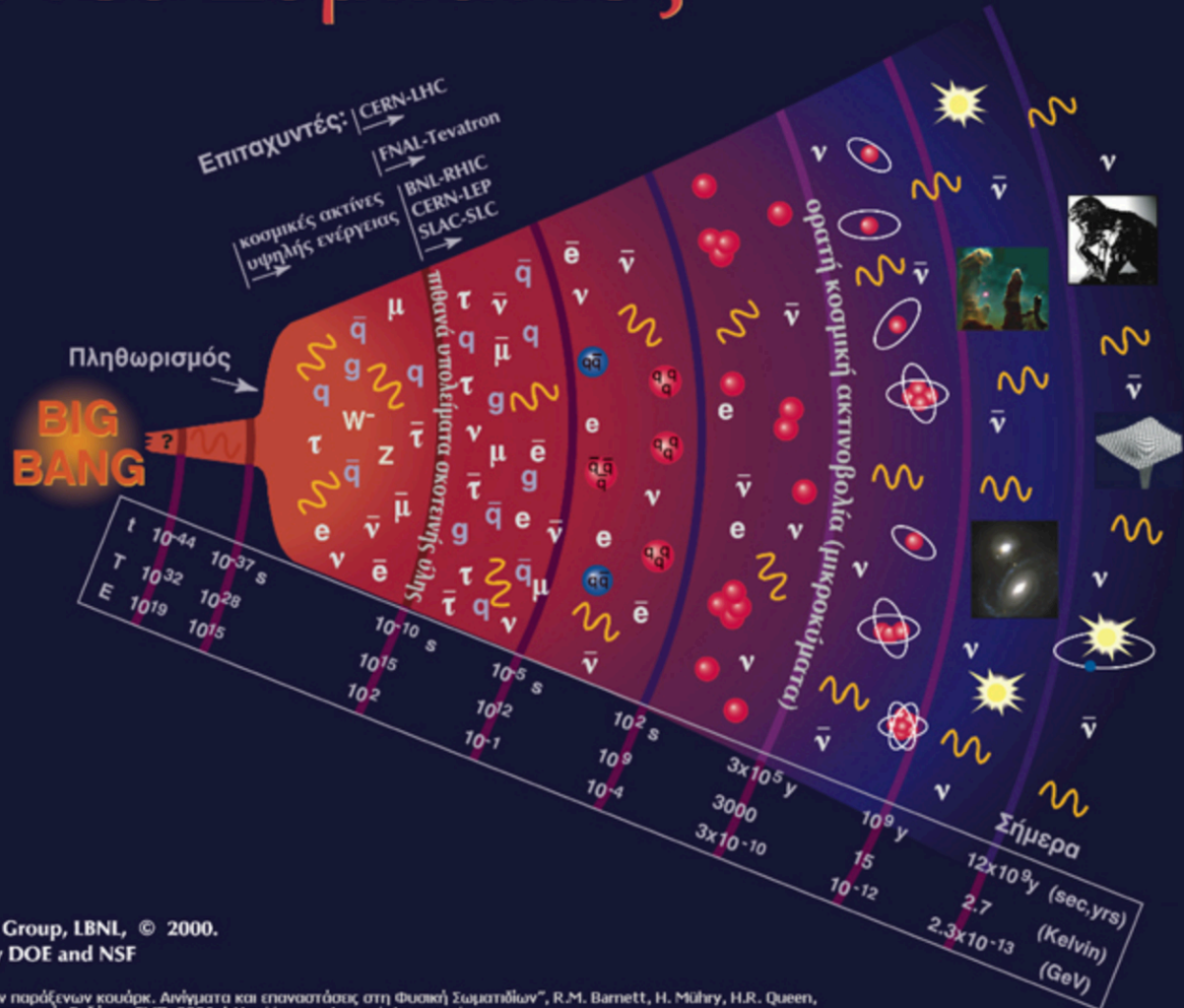
# Το Καθιερωμένο Κοσμολογικό Μοντέλο

- ▣ Το Σύμπαν αποτελείται από ορατή ύλη, διάχυτη ακτινοβολία, σκοτεινή ύλη και σκοτεινή ενέργεια.
- ▣ Το Σύμπαν διαστέλλεται, αραιώνει και ψύχεται.
- ▣ Σε μεγάλη κλίμακα το Σύμπαν είναι ομοιογενές και ισότροπο.
- ▣ Ο χώρος δημιουργείται μαζί με το διαστελλόμενο Σύμπαν

# Η ιστορία του Σύμπαντος

**Υπόμνημα:**

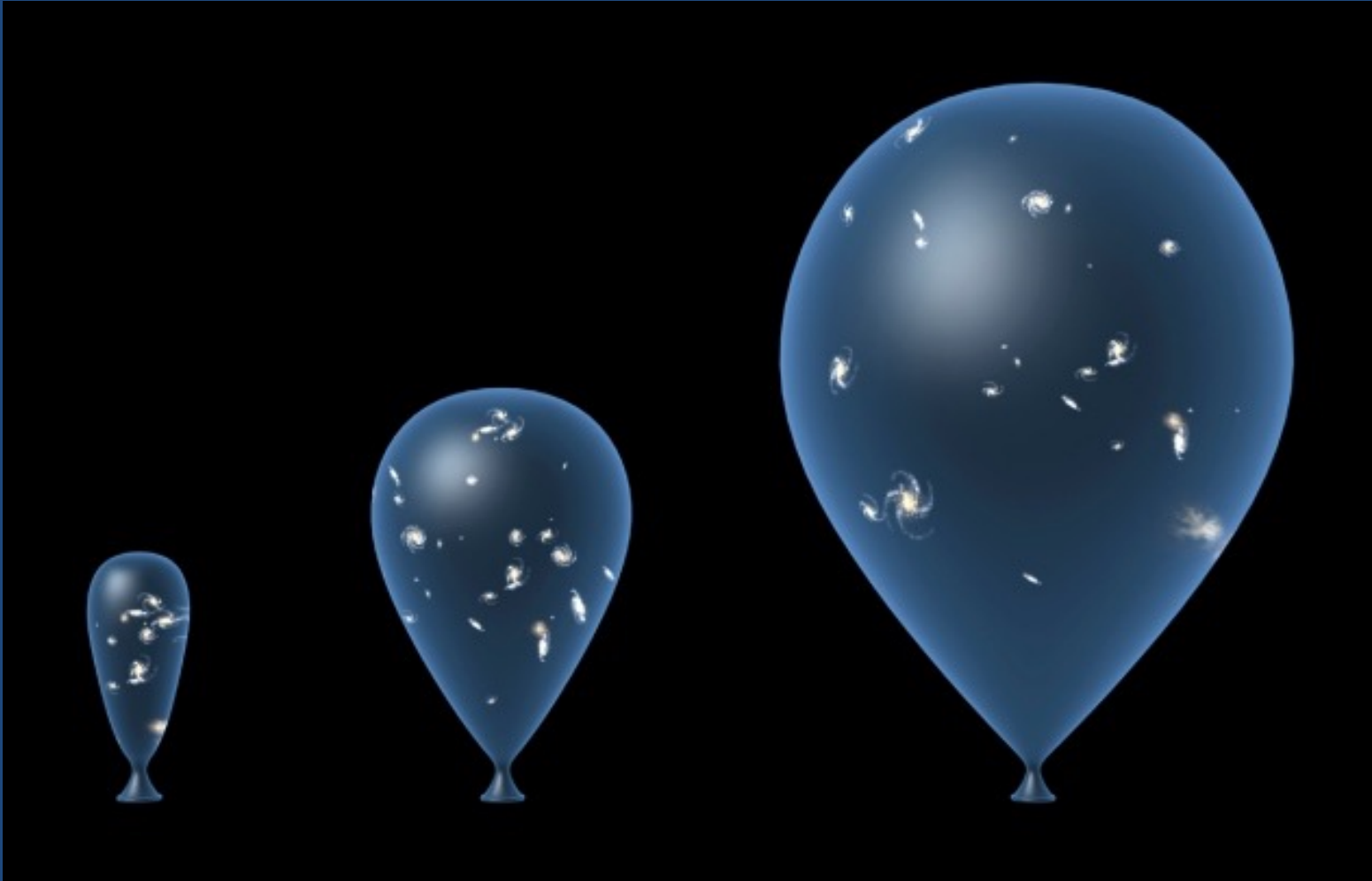
- q κουάρκ
- g γκλουόνιο
- e ηλεκτρόνιο
- μ μιονίο
- ν νετρίνιο
- τ ταυ
- W, Z μποζόνια
- φωτόνιο
- μεσόνιο
- βαρυόνιο
- ιόν
- άτομο
- αστέρας
- γαλαξίας
- μαύρη τρύπα

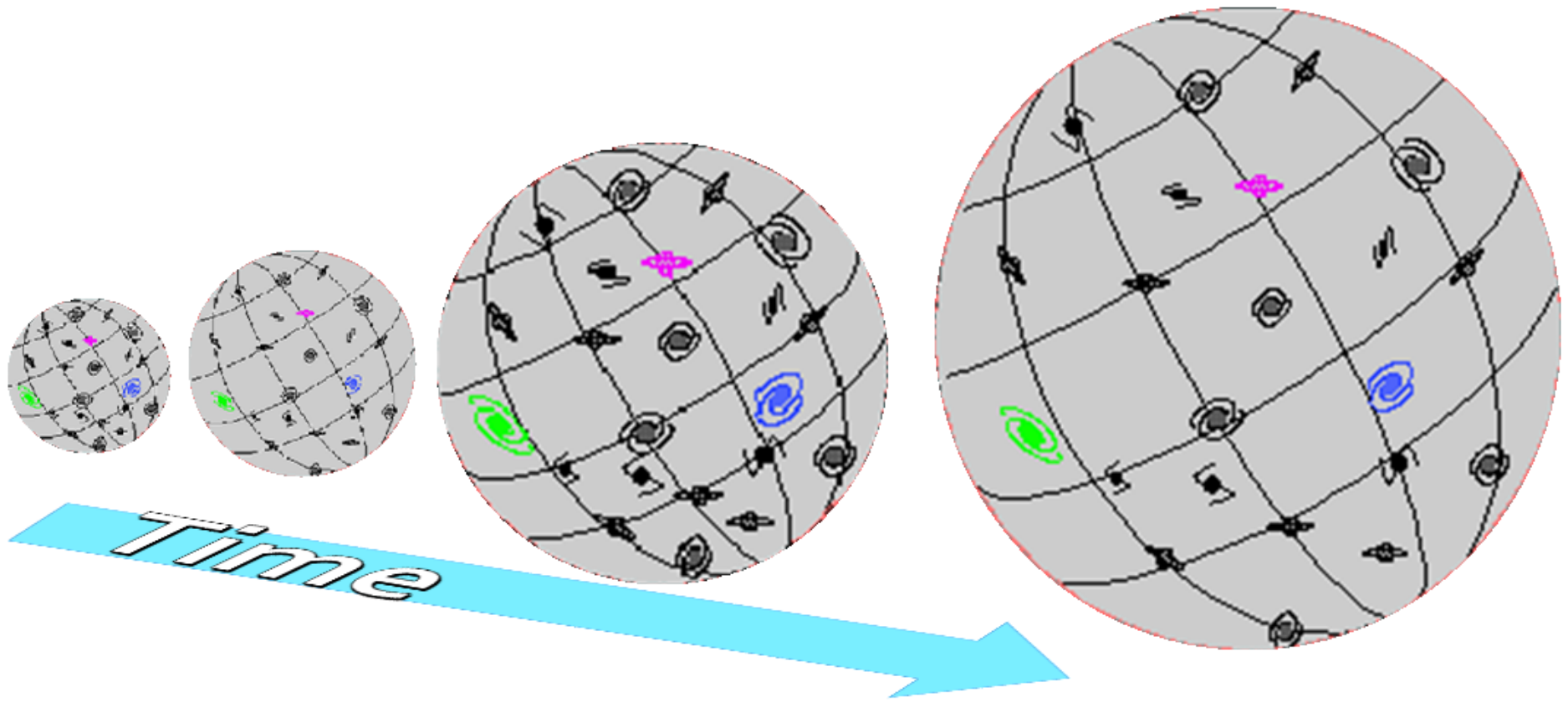


Particle Data Group, LBNL, © 2000.  
Supported by DOE and NSF

Το ελληνικό κείμενο είναι από το βιβλίο: "Η γαητεία των παράξενων κουάρκ. Ανιχνύματα και επαναστάσεις στη Φυσική Σωματιδίων", R.M. Barnett, H. Mühlry, H.R. Queen, μετάφραση: Μ. Μαστροκάλλου, Ε. Συμεωνίδου, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2006, <http://www.ntua.gr/ntuapress/>

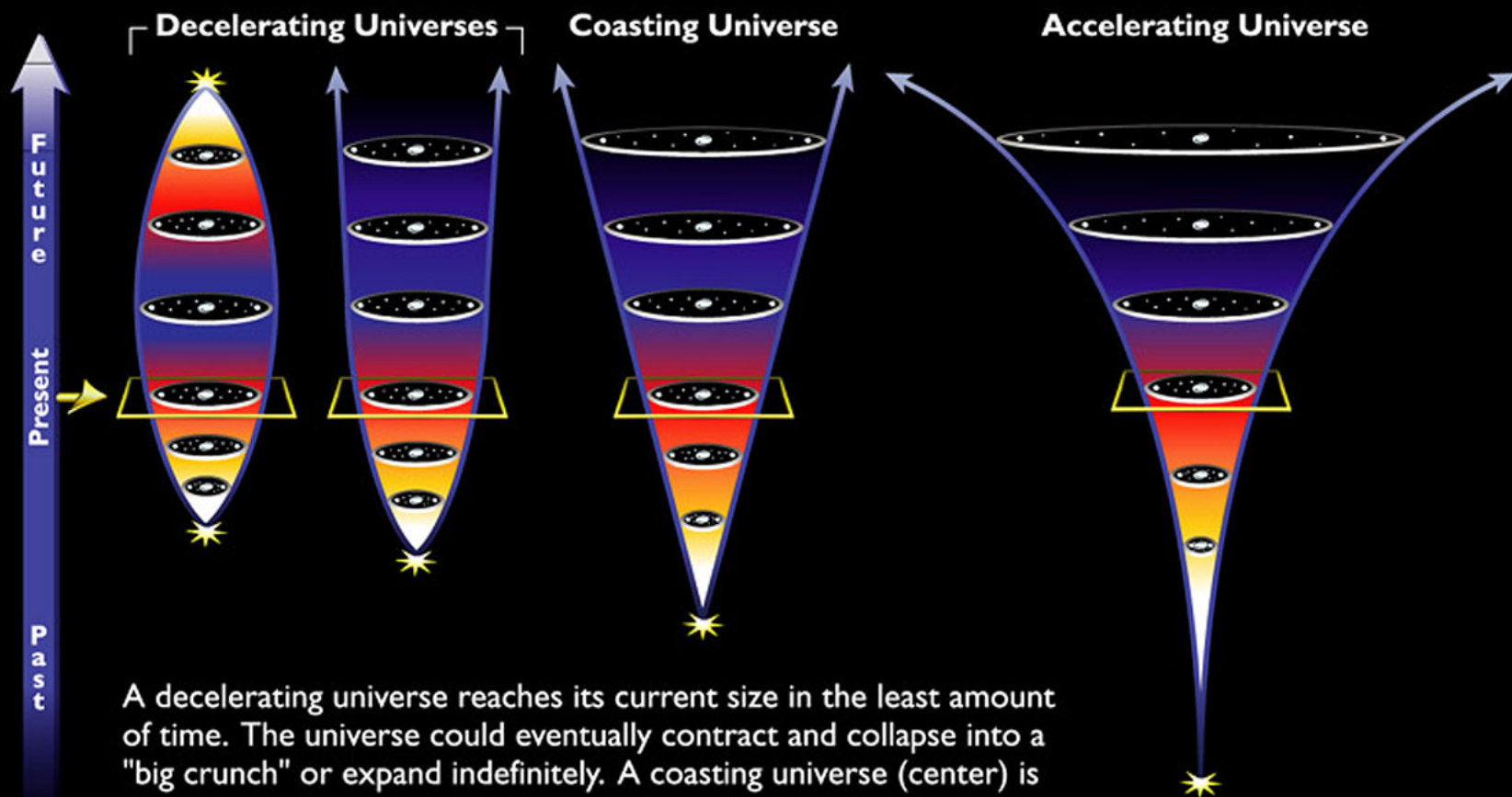
Πώς θα δείξουμε το Big Bang ;





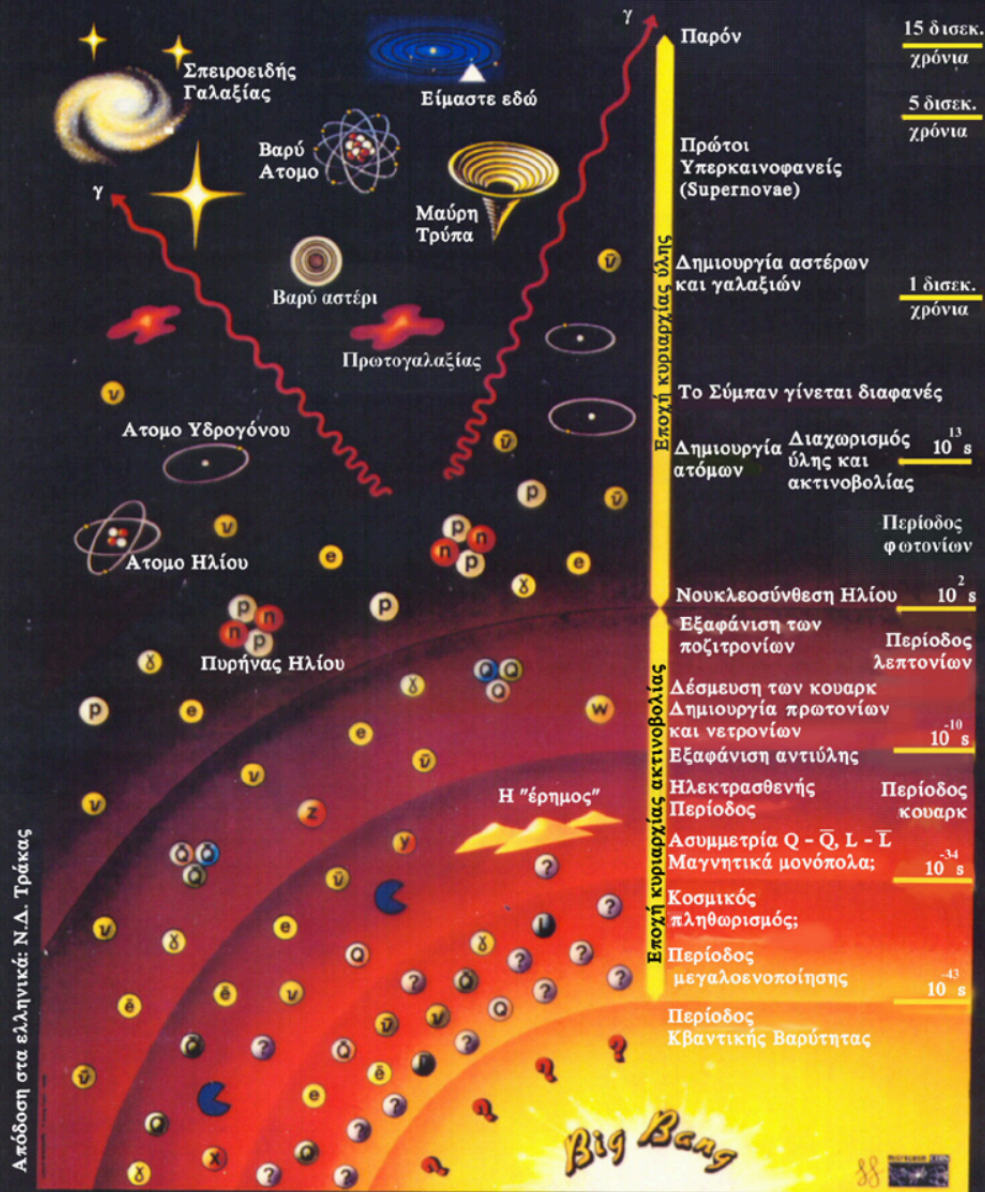


## Possible Models of the Expanding Universe



A decelerating universe reaches its current size in the least amount of time. The universe could eventually contract and collapse into a "big crunch" or expand indefinitely. A coasting universe (center) is older than a decelerating universe because it takes more time to reach its present size, and expands forever. An accelerating universe (right) is older still. The rate of expansion actually increases because of a repulsive force that pushes galaxies apart.

# Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ



Απόδοση στα ελληνικά: Ν.Δ. Τράκας

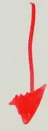


Πως μπορεί  
να εξελιχθει  
το συμπαν!

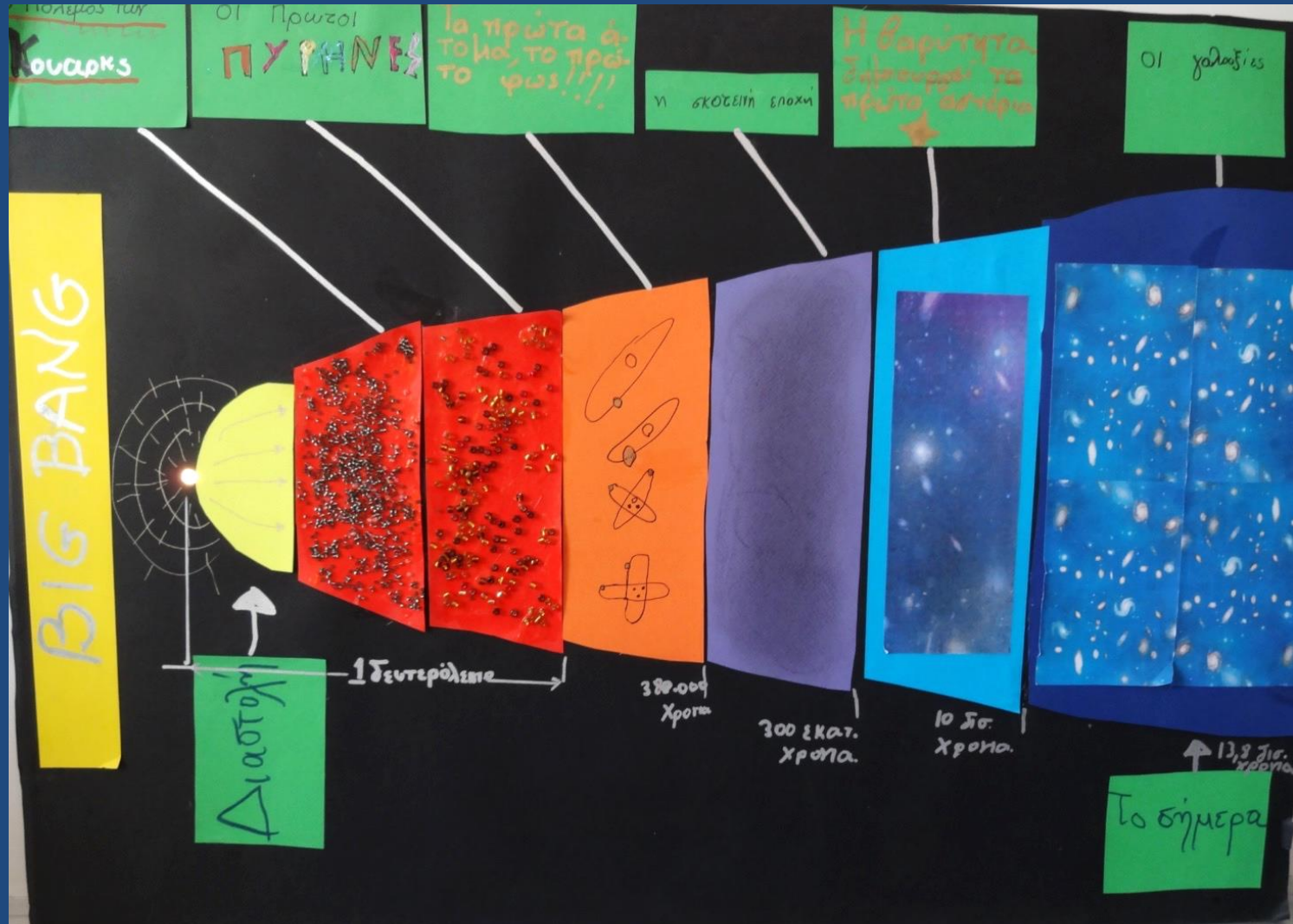
Big Crunch



Big Bang



# Η ιστορία του Σύμπαντος



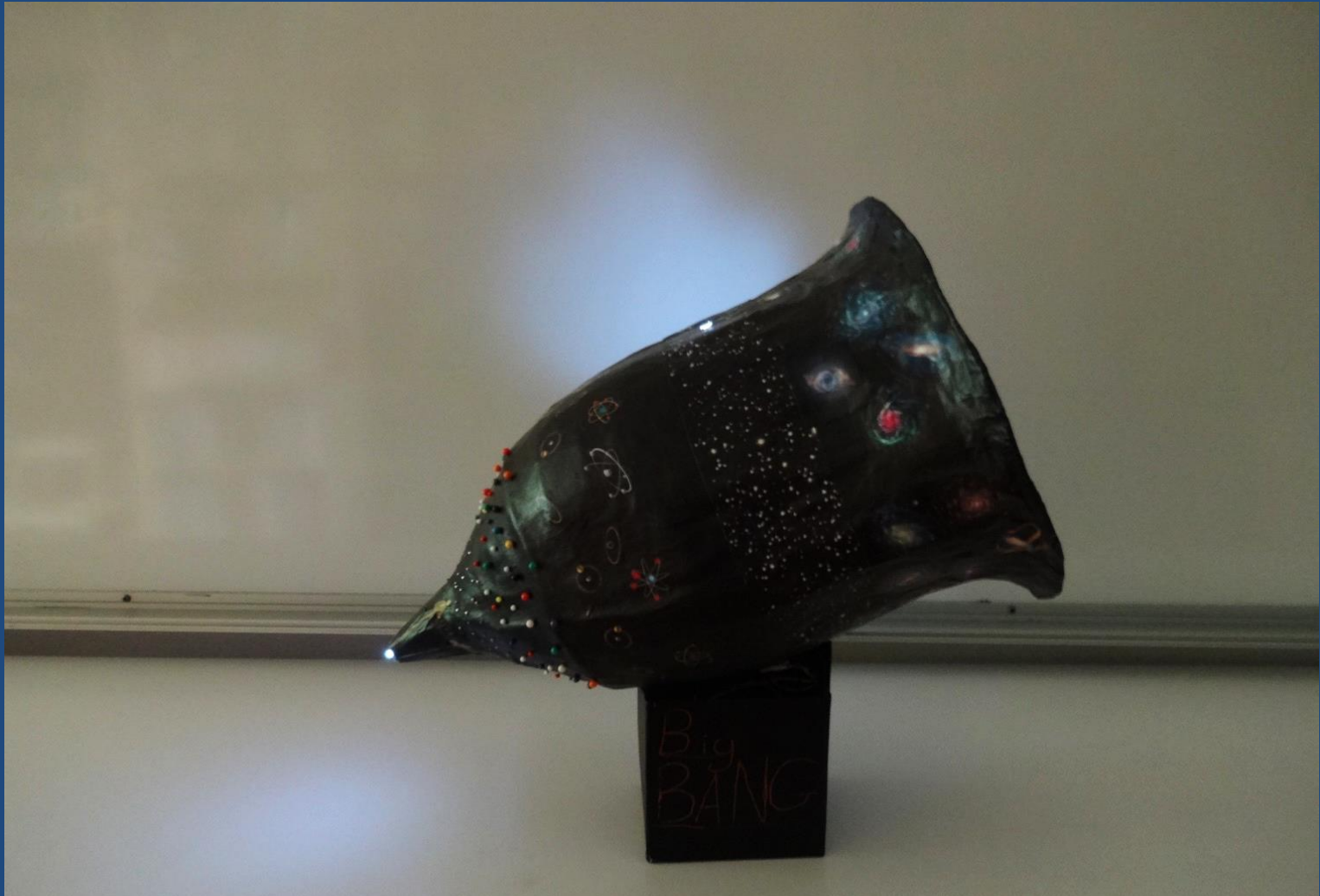


# To Big Bang





Η αρχή του Σύμπαντος είναι το φως



# Κοσμικό χωνί :Φτιάξε την δική σου κατασκευή

Χρησιμοποίησε τα παρακάτω υλικά:

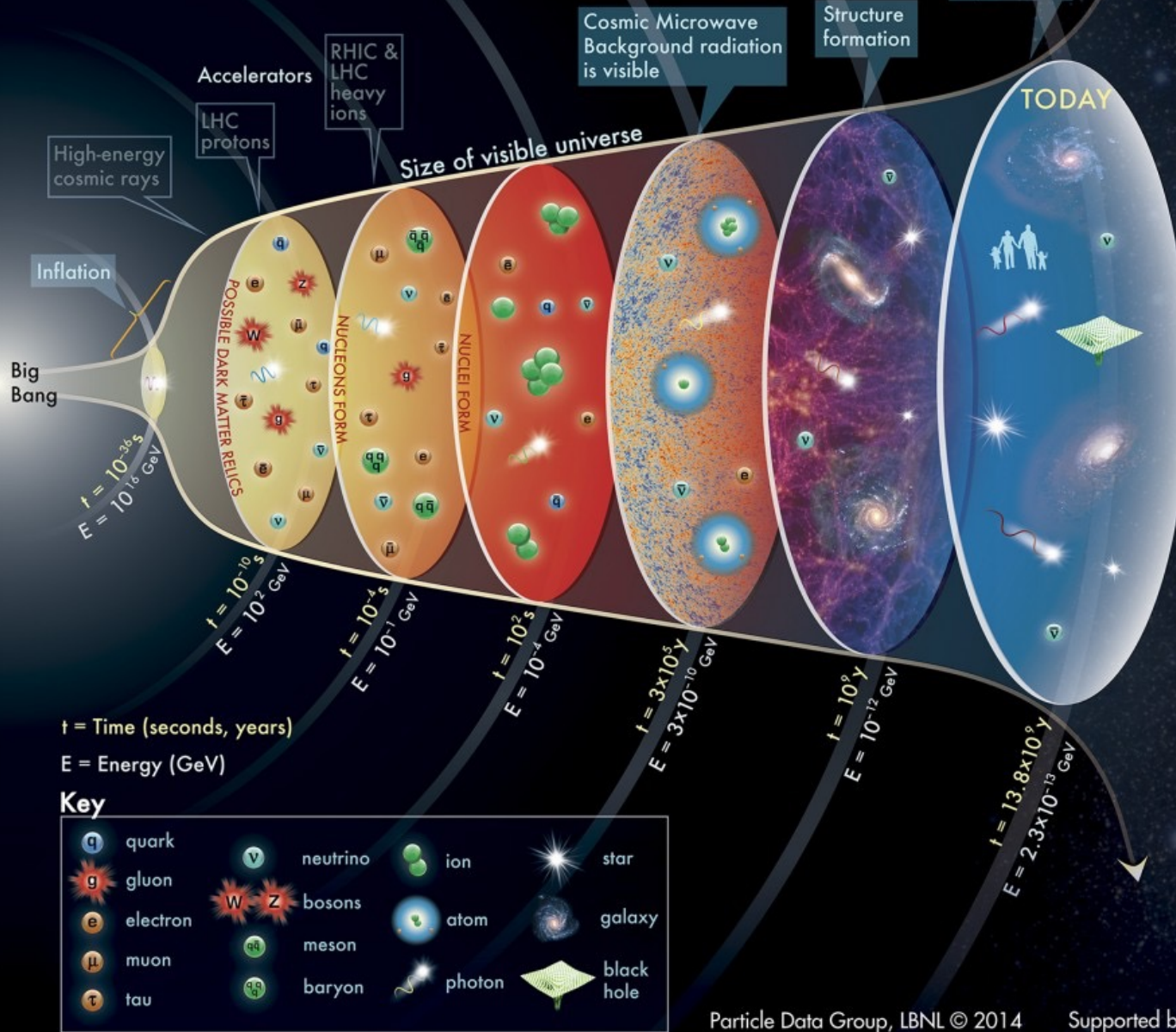
Χαρτόνια

Καλώδια

Λαμπάκια

Μπαταρία

# HISTORY OF THE UNIVERSE









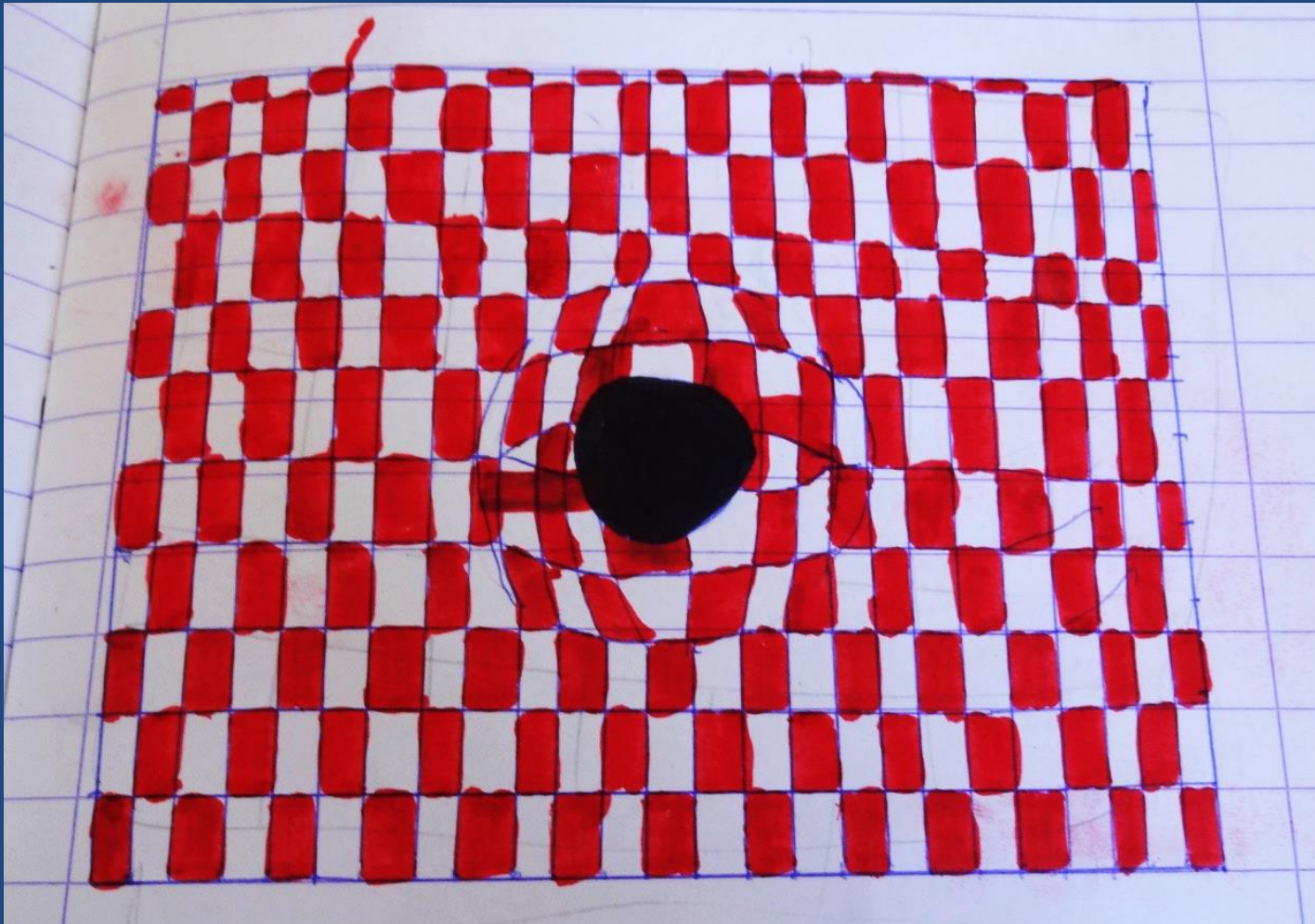
# To Big Bang



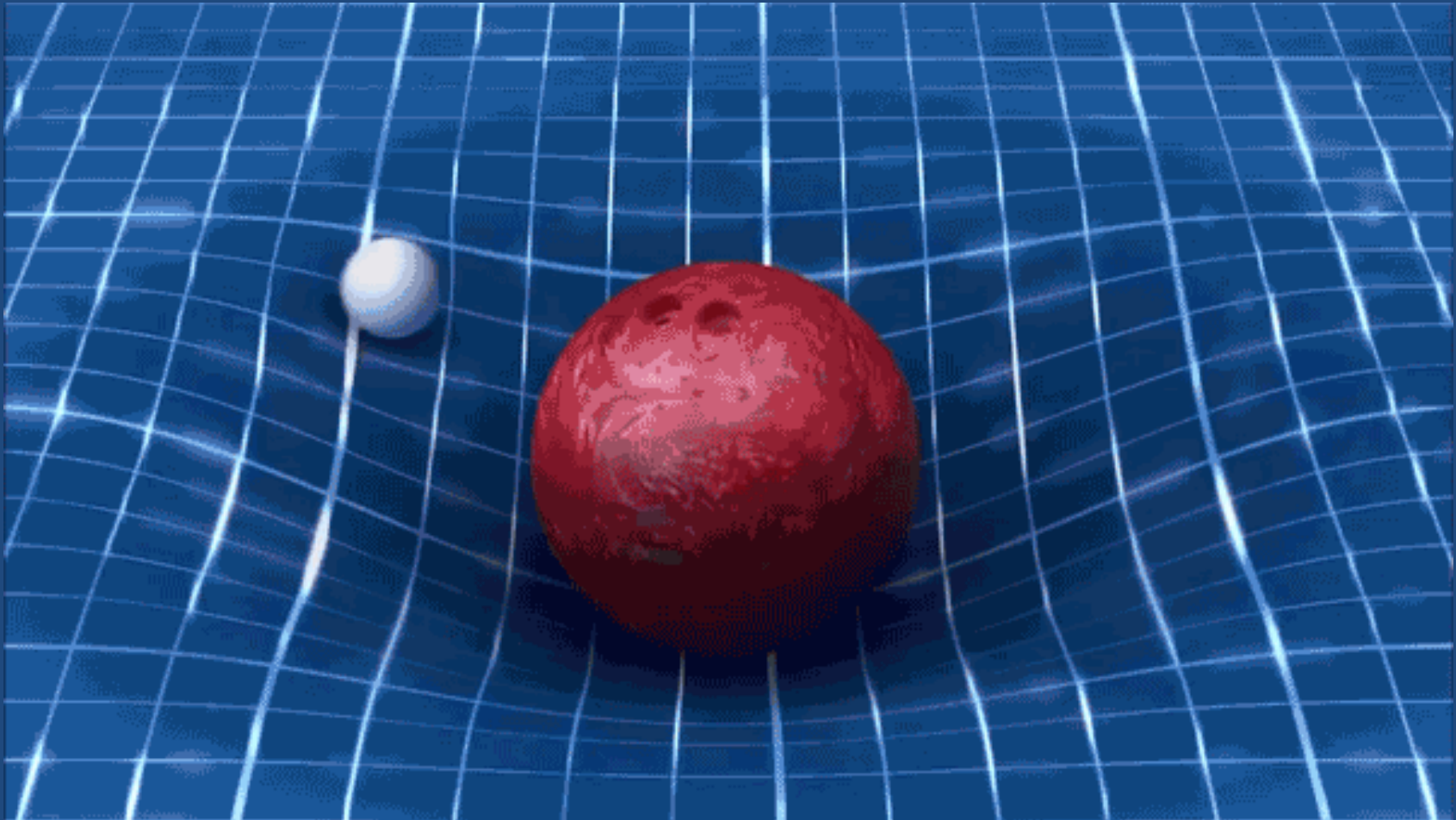




# Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

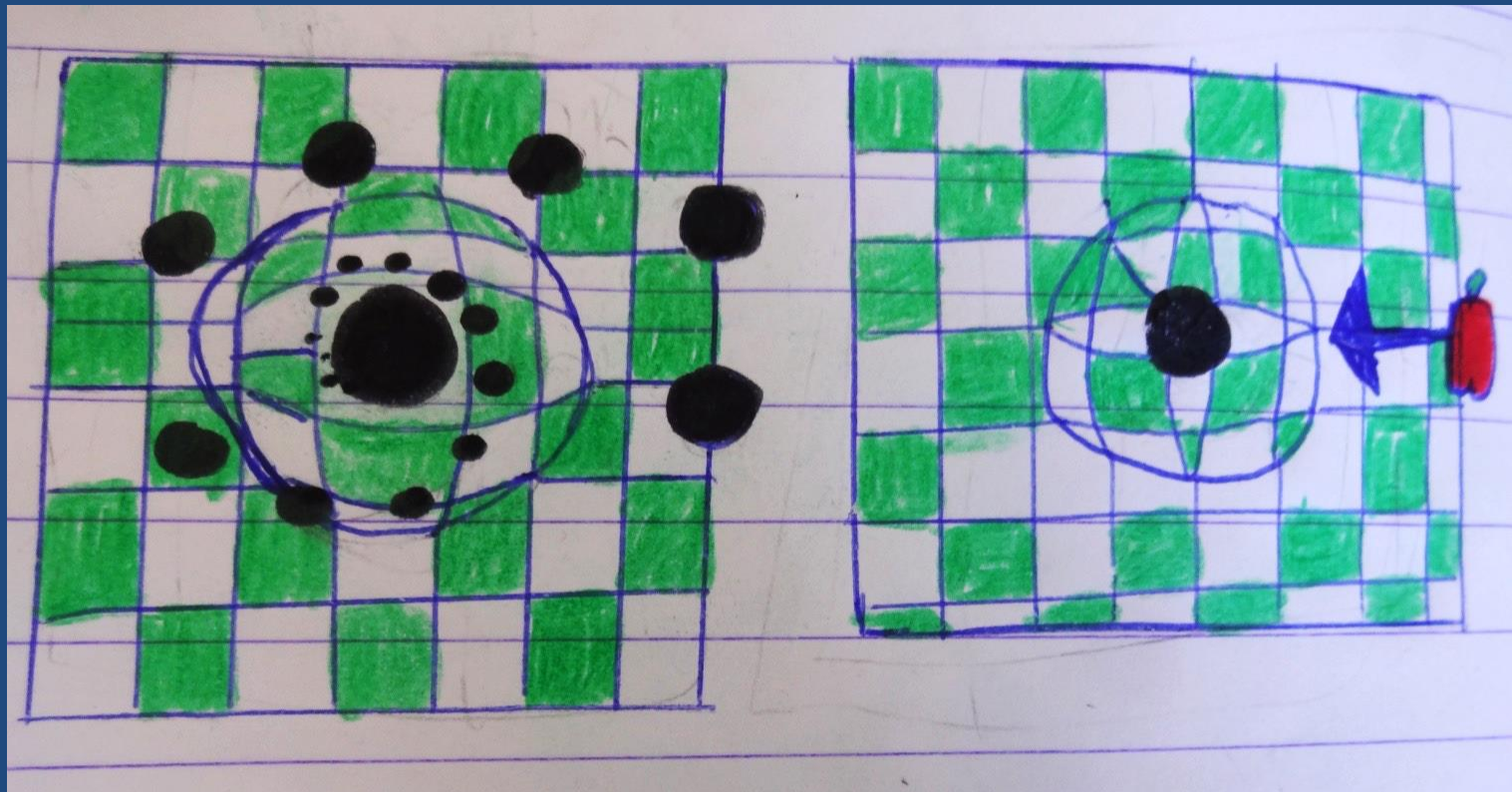


Γιατί περιστρέφονται οι πλανήτες  
γύρω από τον Ήλιο;





# Τι είναι στην πραγματικότητα η βαρύτητα; Καμπύλωση του χωρόχρονου









# Γιατί πέφτει το μήλο;

( Δαναός CINEDOC )







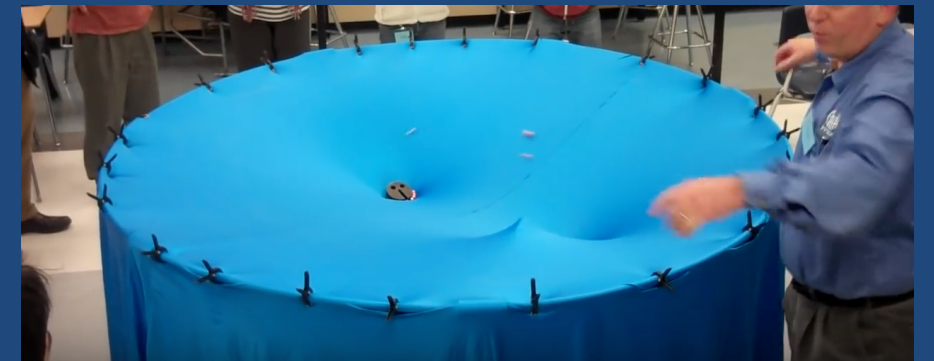
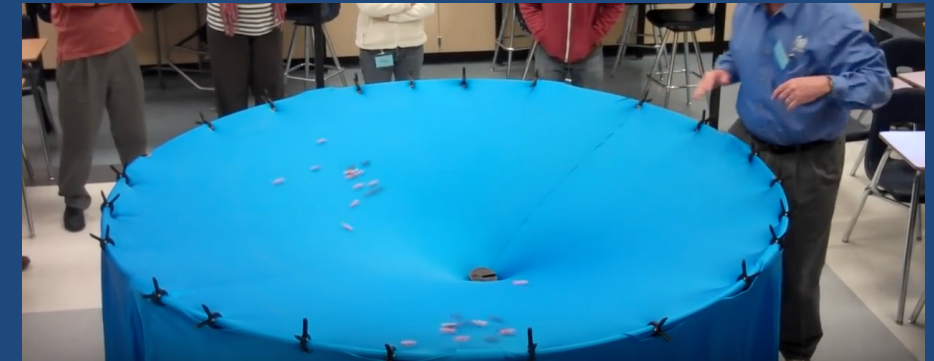
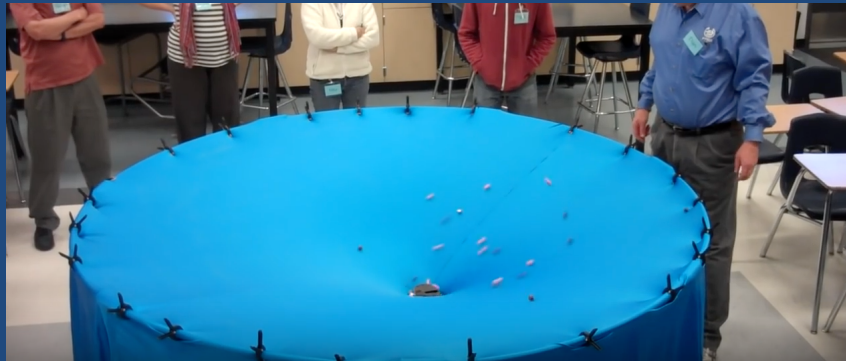
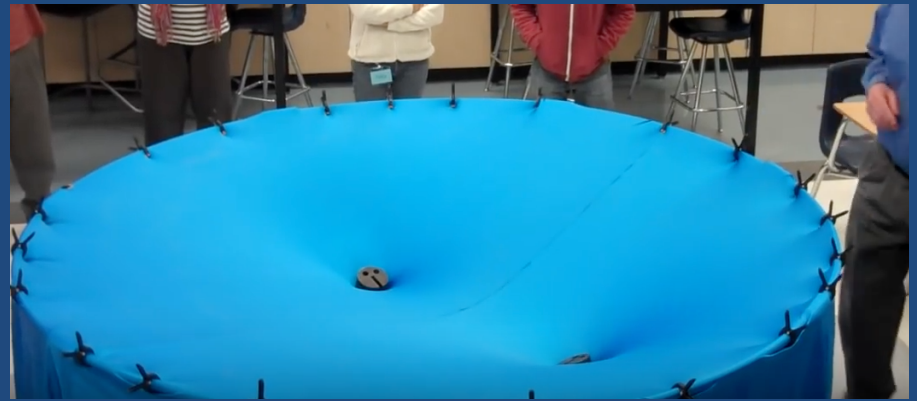






# Τι γίνεται με τον χρόνο;



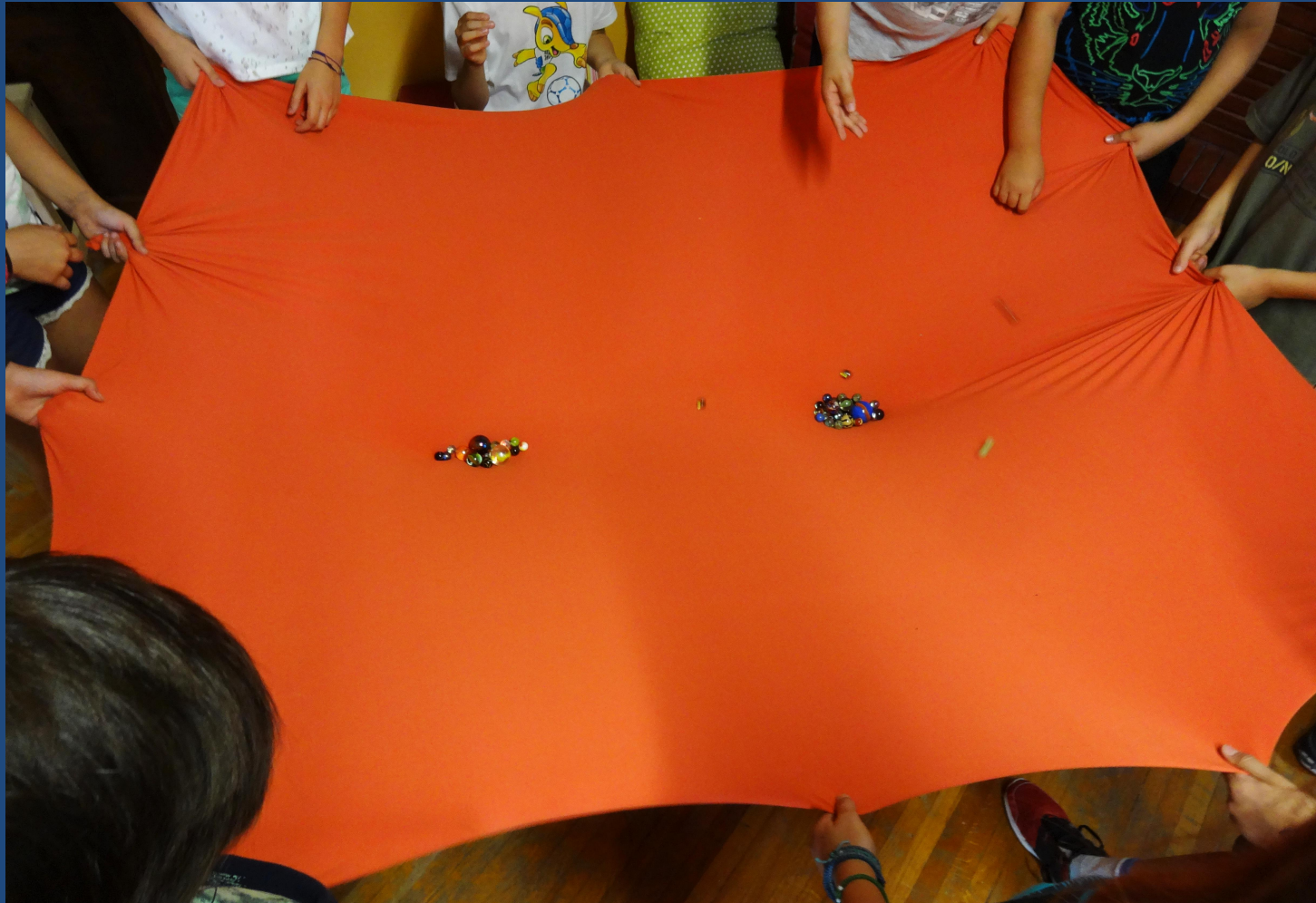




# Τι γίνεται στις μαύρες τρύπες;



# Η κίνηση των εξωπλανητών γύρω από δύο μαύρες τρύπες



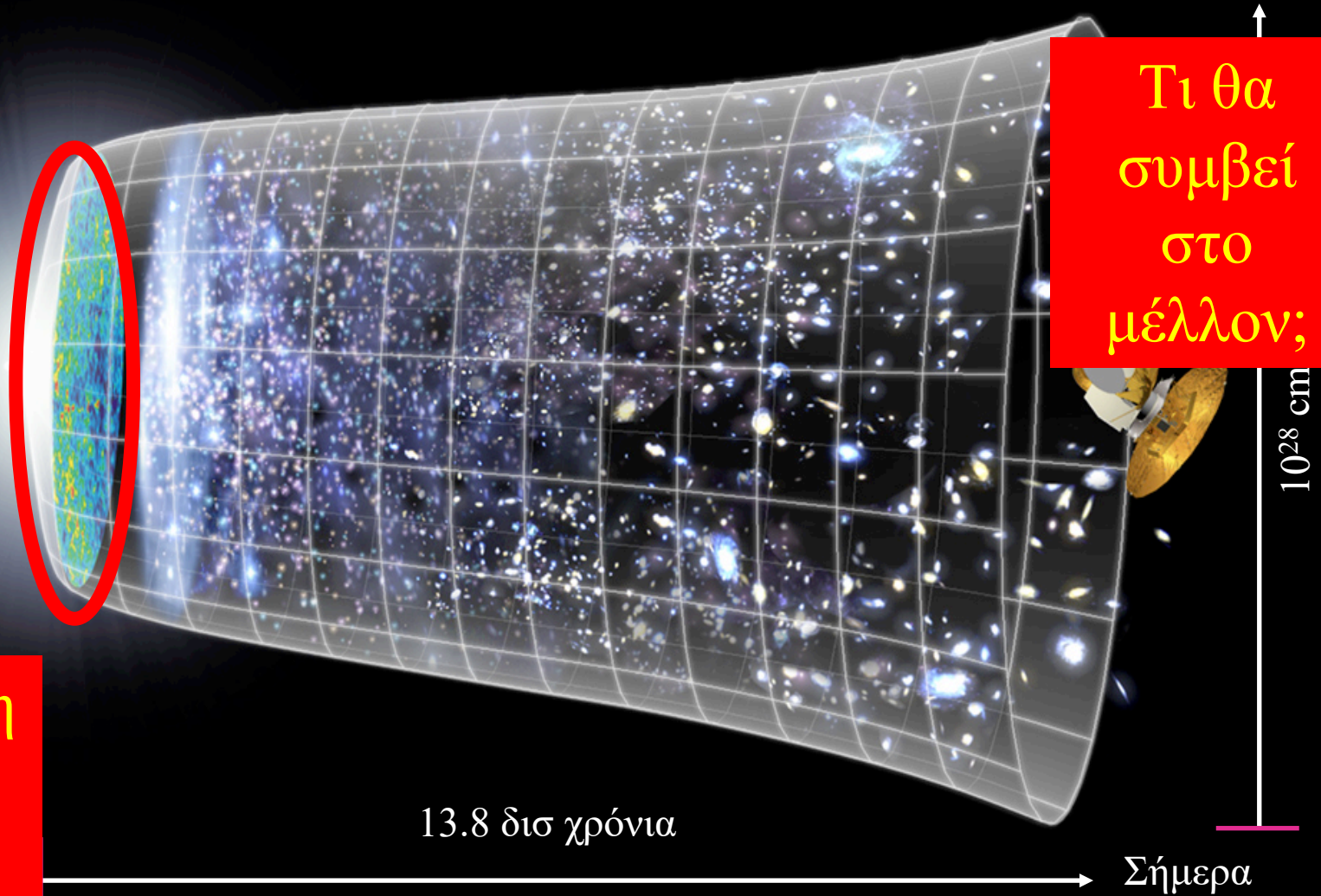






# Η εξέλιξη του Σύμπαντος

Big Bang



Τι θα συμβεί στο μέλλον;

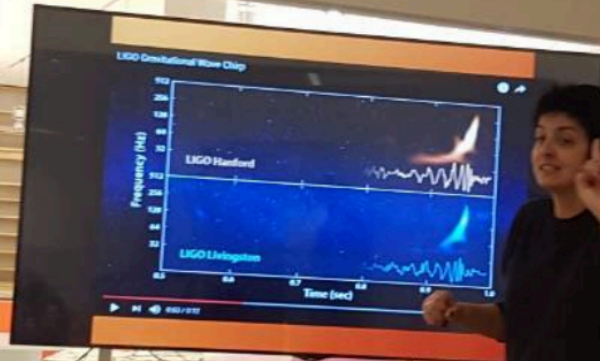
Τι συνέβη στην αρχή;

John Ellis

# Τι είναι τα βαρυτικά κύματα;

( Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος)





A woman in a black long-sleeved shirt is standing and presenting to the audience. She is gesturing with her right hand towards the screen.

Big Bang  
- Playing with Protons  
CERN

A group of children are seated at a white table, looking towards the presentation. The table has several yellow balloons and markers on it. The room has large windows and a colorful modular seating area in the background.



# Τι είναι τα βαρυτικά κύματα

Τι είναι το βαρυτικό κύμα;



Μια διακύμανση πάνω στο χωροχρονικό συνεχές

Ξαντάσου ότι ο χώρος είναι ένα τεράστιο ελαστικό σεντόνι.



«Η γη προκαλεί καμπύλωση στο σεντόνι όπως μια μπάλα που κρούσεται σ' ένα τραπέζι»

«Όσο μεγαλύτερη η μάζα, τόσο μεγαλύτερη και η καμπύλωση που ανεναντιώσεται τη βαρύτητα»



Για παράδειγμα, ο λόγος που η γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο, είναι ότι λόγω της τεράστιας μάζας του δημιουργεί μεγάλη στρίβλιση του χώρου γύρω του

Η προσπάθεια για κίνηση σε ευθεία γραμμή σε καμπύλο χώρο θα είχε αποτέλεσμα την κίνηση σε κύκλο

Έτσι χαράζονται οι τροχιές: Δεν υπάρχει κάτι που "τραβεί" τους πλανήτες γύρω απ' τον ήλιο, πρόκειται απλά για καμπύλωση του χώρου.



Βαρυτικά κύματα παράγονται όταν μάζες επιταχύνουν.

Οποδήποτε με μάζα κινείται μπορεί να δημιουργήσει βαρυτικά κύματα.

Αν σε δυο μίλις αρχίσουμε να χορεύουμε ο ένας γύρω απ' τον άλλο θα προκαλούσαμε κι εμείς διακυμάνσεις στο χωροχρόνο

Αλλά θα ήταν εξαιρετικά μικρές, πρακτικά αδύνατο να ανιχνευτούν.



Η βαρύτητα είναι η ασθενέστερη των δυνάμεων στο σύμπαν...

αστέρας νετρονίων και μελανή οπή

ζεύγος αστέρων νετρονίων

ζεύγος μελανών οπών

Δηλαδή χρειαζόμαστε κάτι με τεράστια μάζα που κινείται πάρα πολύ γρήγορα για να μπορούσαμε ν' ανιχνεύσουμε τις διακυμάνσεις.

Η βίαιη (μη συμμετρική) μετακίνηση μαζών εμφανίζονται ως πτυχώσεις (ταλαντώσεις) στη δομή του χωρόχρονου που μεταδίδονται με την μορφή Βαρυτικών Κυμάτων.

Βαρυτικά κύματα παράγονται όταν μάζες επιταχύνουν.

Οτιδήποτε με μάζα/ενέργεια μπορεί να δημιουργήσει βαρυτικά κύματα.

Αν οι δυο μας αρχίζαμε να χορεύουμε ο ένας γύρω απ' τον άλλο θα προκαλούσαμε κι εμείς διακυμάνσεις στο χωροχρόνο

Αλλά θα ήταν εξαιρετικά μικρές, πρακτικά αδύνατο να ανιχνευτούν.



# Ο Kir Thorne δείχνει τα βαρυτικά κύματα με τα μάγουλά του!

Ίδρυμα Ευγενίδου



Τίνα Νάντσου

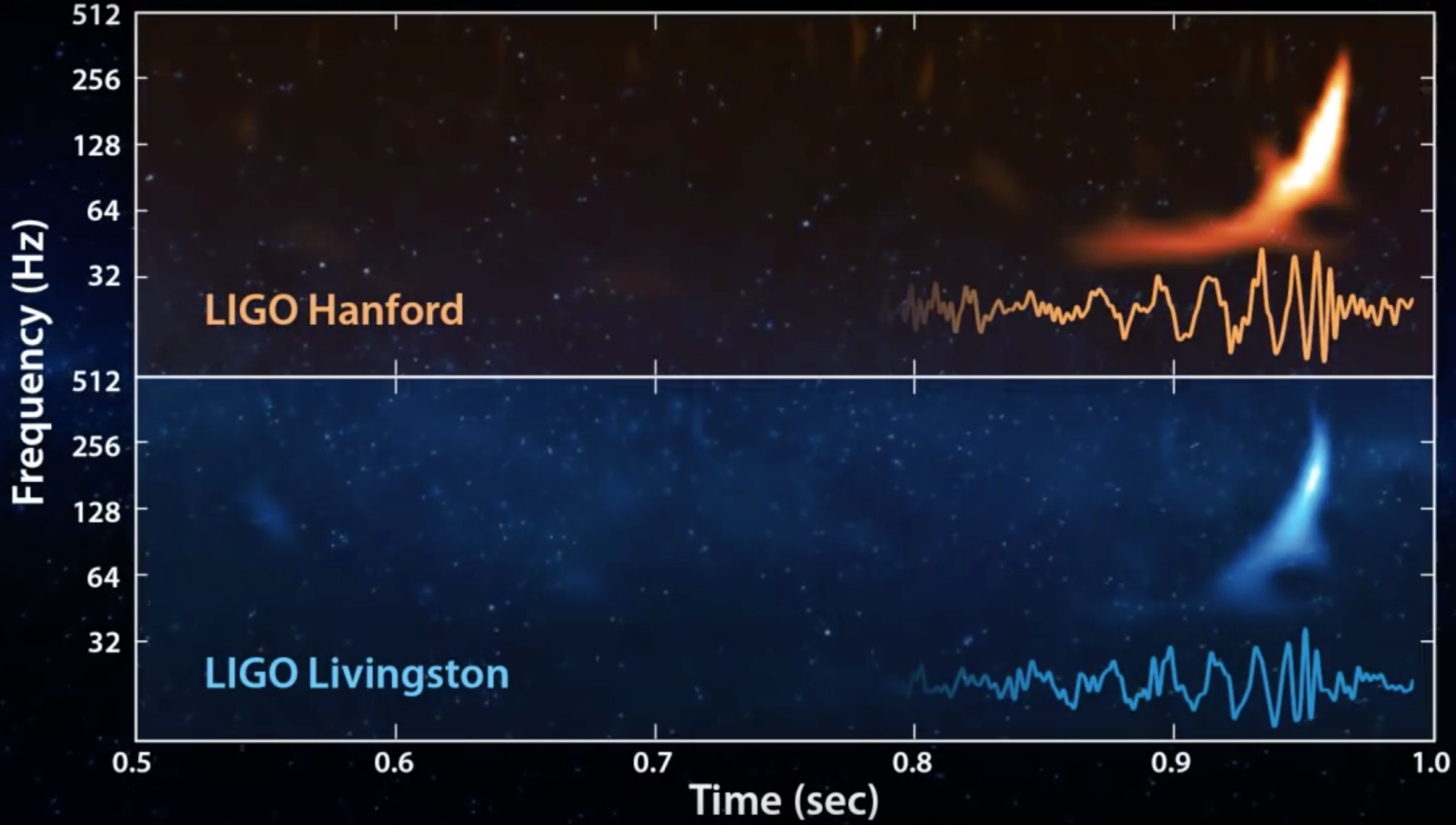


# Βαρυτικά κύματα στο Ευγενίδιο!

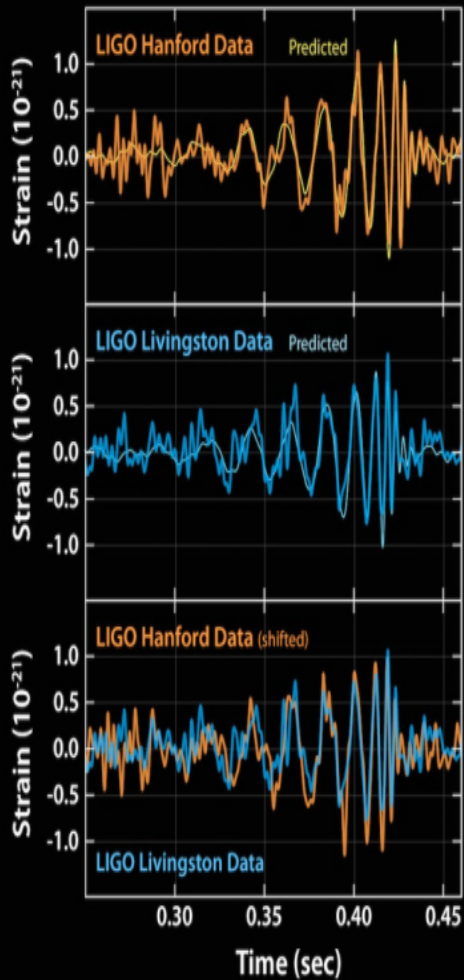


Με τον Δ. Σιμόπουλο

# LIGO Gravitational Wave Chirp



# Το Σήμα που Έφτασε στη Γη



Απόσταση: 1,3 δις ε.φ.

0,004 πρωτονίου

Livingston

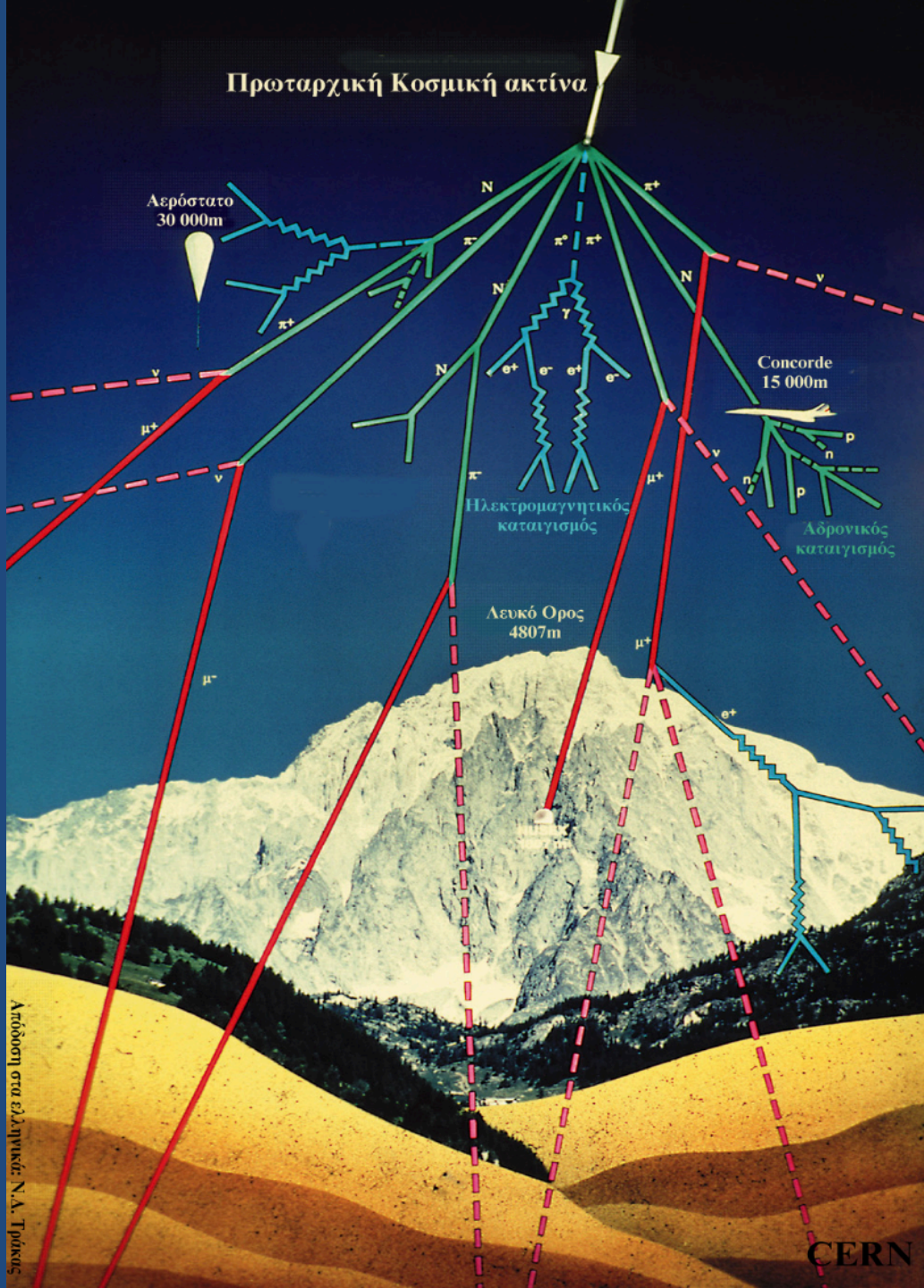
Hanford



# Το πείραμα LIGO



# Πρωταρχική Κοσμική ακτίνα



Απόδοση στα ελληνικά: Ν.Α. Τρόικος

1. Ένα φαινόμενο που είχε παρατηρηθεί από τους φυσικούς του 18ου αιώνα ήταν η αυθόρμητη εκφόρτιση των ηλεκτροσκοπίων, παρά την ενίσχυση της μόνωσής τους.

Αναζήτηση για μια ερμηνεία του φαινομένου ,οδήγησε στην ανακάλυψη των κοσμικών ακτίνων.

2. Στις 7 Αυγούστου του 1912, ο Hess έκανε μετρήσεις σε ύψος 5300 μέτρων, κατά την διάρκεια μιας σχεδόν ολικής έκλειψης του Ηλίου.

Επειδή ο ιονισμός της ατμόσφαιρας δεν μειώθηκε κατά τη διάρκεια της έκλειψης, υποστήριξε ότι η πηγή της ακτινοβολίας δεν ήταν ο Ήλιος, αλλά το απώτερο διάστημα.

3. Ψηλά στην ατμόσφαιρα της Γης ο Hess είχε ανακαλύψει μια φυσική πηγή σωματιδίων υψηλής ενέργειας: τις κοσμικές ακτίνες.

**Και για αυτό βραβεύτηκε με το νόμπελ φυσικής το 1936**





# Ηλεκτροσκόπιο, ο πρώτος ανιχνευτής κοσμικής ακτινοβολίας



## Πειράματα Φυσικής με Απλά Υλικά Mathesis ΠΕΚ



Stewart, John  
Skinner, Stephen  
Stewart, Gay



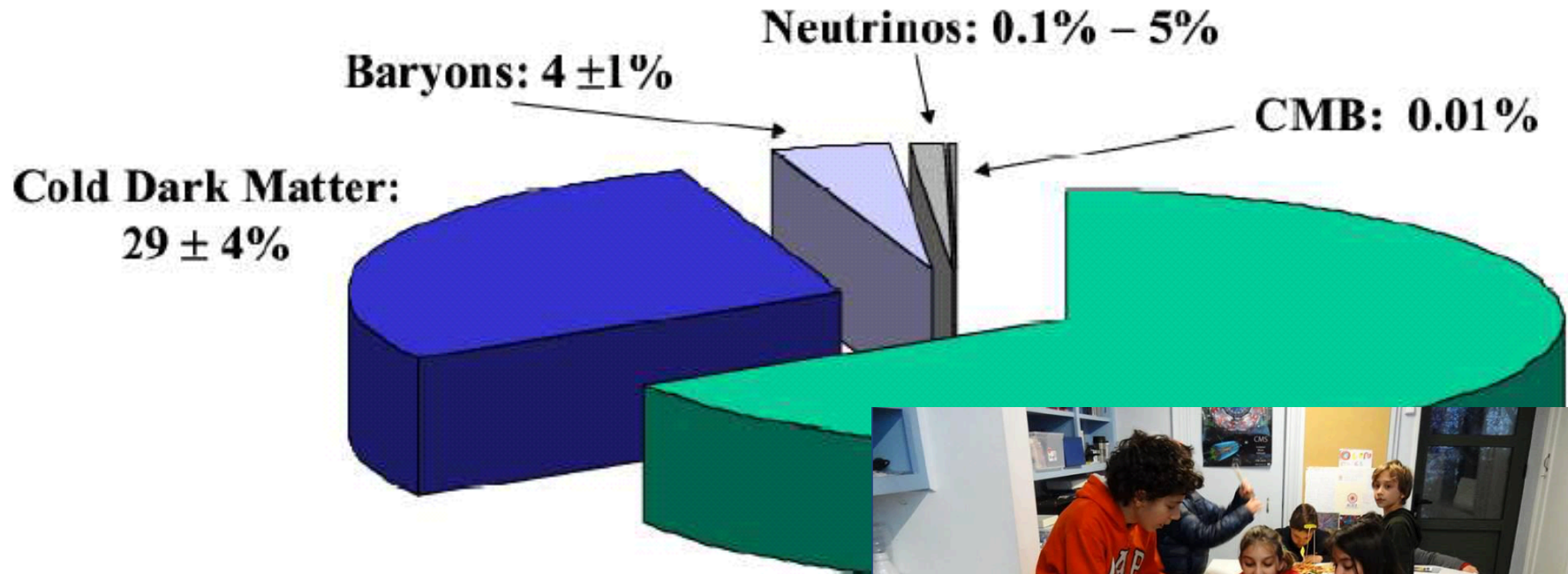


# Απολαμβάνοντας την κοσμική πίτσα του Ellis!



Tina Νάντσου

# John Ellis: Strange Recipe for a Universe



Make a cosmic pizza?

The 'Standard Model' of the Universe indicated by astrophysics and cosmology









# Βιβλιογραφία

Αρχεία των Δρ. Τσεσμελή, Δρ. Γαζή, Δρ. Storr

<http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=269114>

LHC στο CERN: Η μεγαλύτερη μηχανή του κόσμου, Αναστασόπουλος Πασχάλης

[http://www.physics.ntua.gr/GREECE\\_AND\\_CERN/index.html](http://www.physics.ntua.gr/GREECE_AND_CERN/index.html)

<http://hep.physics.uoc.gr/DOC/OUTREACH/MICROCOSM/DETECTORS/whatiscern.html>

<http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/index.html>

[http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/LHC/lhc\\_atlas.swf](http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/LHC/lhc_atlas.swf)

<http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/BEAMLINE/beamline.html>

Ανδρέας Βαλαδάκης Φυσικός βίντεο

<https://www.youtube.com/user/PHYSICSALL?feature=watch>

<http://www.physicscentral.com/experiment/physicsathome/free-fall.cfm>

ΕΚΦΕ Δημόκριτος παρουσίαση CERN

Διονύσιος Σιμόπουλος Βαρυτικά Κύματα Παρουσίαση

Κοσμολογία Π. Καντή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2008

Σωματιδιακή Φυσική. Μια εισαγωγή στη Βασική Δομή της Ύλης, Κ. Βαγιονάκης,

Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2013.

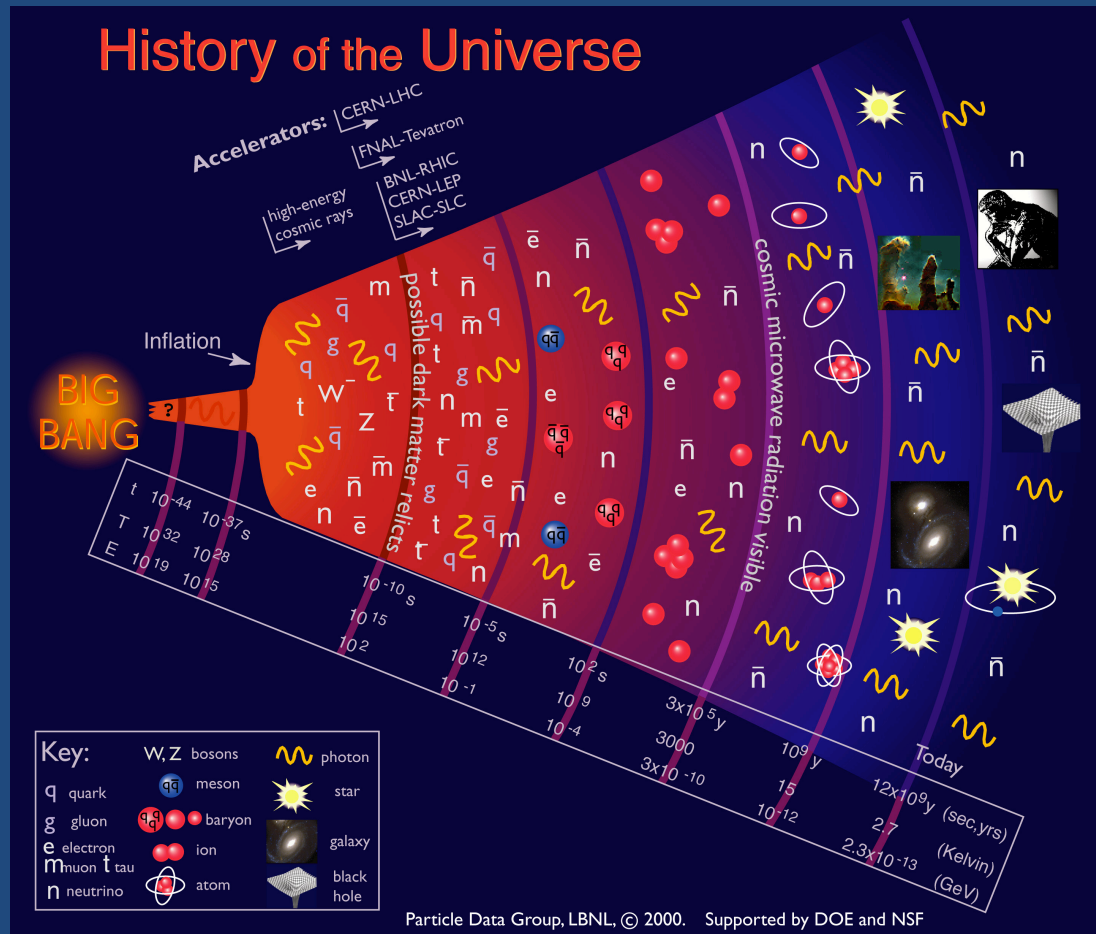
A.R. Liddle, Introduction to Cosmology, John Wiley and Sons Chichester UK 2003

Διαφάνειες 11 Σαράντης Χέλμης

Διαφάνειες 21,74 Εκδήλωση Playing with Protons NOESIS Κική Ζερβού

Ευχαριστώ πολύ την πειραματική φυσικό Ανδρομάχη Τσίρου (CERN), τον καθηγητή Γεώργιο Καλκάνη (ΕΚΠΑ), τον επίτιμο Διευθυντή του Ευγενιδείου Πλανηταρίου Διονύσιο Σιμόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια και τις διορθώσεις.

# Η ιστορία του Σύμπαντος



13.8 BILLION YEARS AGO,  
A FEW SECONDS BEFORE THE  
CREATION OF OUR UNIVERSE,...

All set.  
Let's fire up this  
Large Hadron Particle  
Collider and see  
what happens!

MREU  
2007





PI PERIMETER  
INSTITUTE

EGO EUROPEAN  
GRAVITATIONAL  
OBSERVATORY



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστημίων Αθηνών  
— ΔΕΦΝΗΝ ΤΟ 1827 —



ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ  
ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ

