

# Κοσμολογία με απλά υλικά



Τίνα Νάντσου Σχολή Χιλλ  
Συνεργάτης Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών  
2018

3<sup>rd</sup>

PLAYING  
WITH  
PROTONS  
GREECE CPD  
COURSE

26-30  
AUGUST  
2018  
CERN



PLAYING WITH  
PROTONS

Bringing together Greek primary teachers, science education specialists  
and CERN scientists to develop creative approaches to engage  
5th and 6th grade students with physics, discovery and innovation.

Organized by \_\_\_\_\_



Hosted by \_\_\_\_\_



Approved by \_\_\_\_\_



Supported by \_\_\_\_\_





# Τι θα κουβεντιάσουμε σήμερα;

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

- ▣ Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)
- ▣ Κοσμική ακτινοβολία
- ▣ Τι σχέση έχει η κοσμολογία και το CERN;



# Τι είναι η κοσμολογία

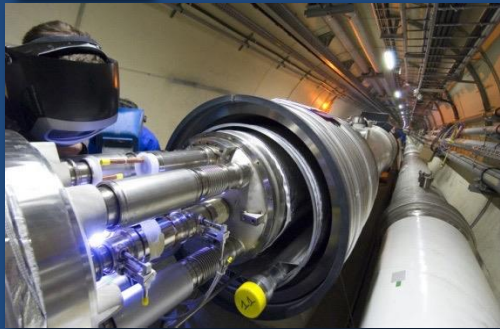
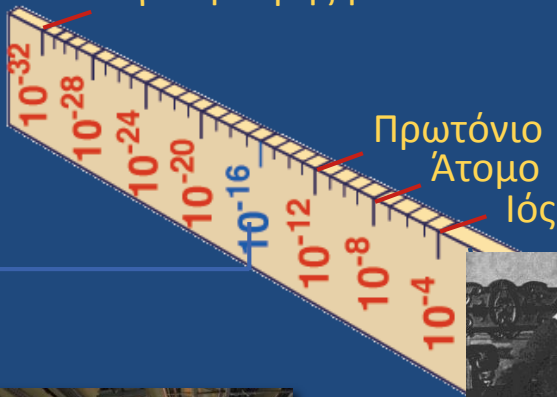
Η κοσμολογία είναι η επιστήμη που προσπαθεί να εξηγήσει το Σύμπαν στο οποίο ζούμε.

Στην αρχαία Ελλάδα ονομαζόταν Κοσμογονία.

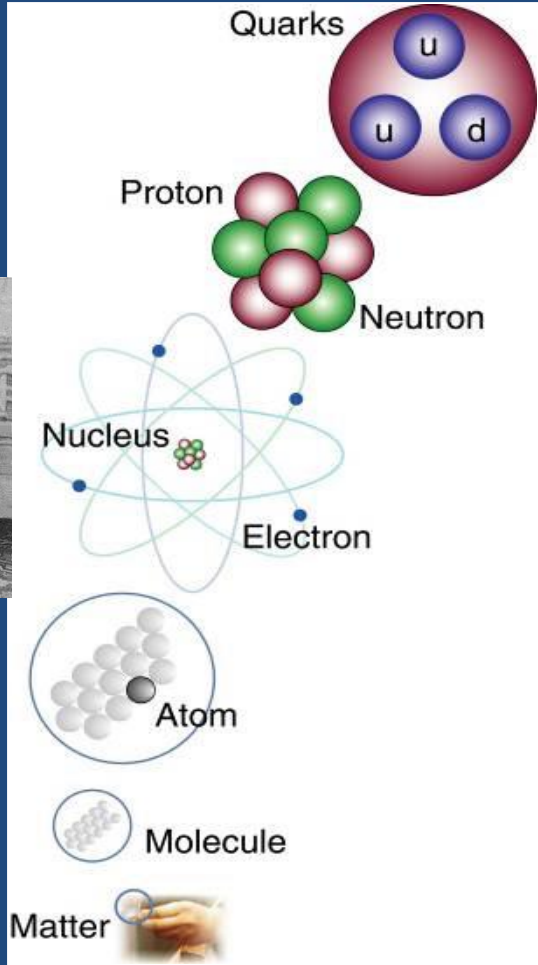
Τα ερωτήματα είναι:

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

Μεγάλη Έκρηξη

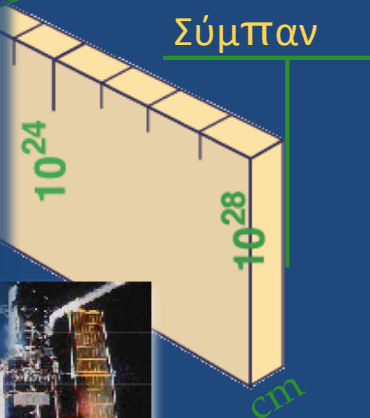


LHC



Γαλαξίες

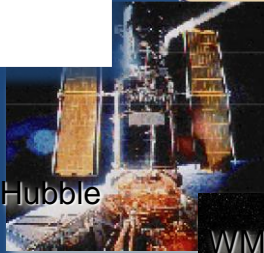
Σύμπαν



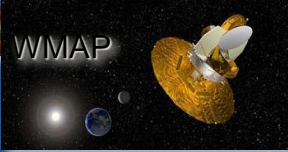
# Super-Μικροσκόπιο



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



Hubble



WMAP

# 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 διατύπωσε 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.



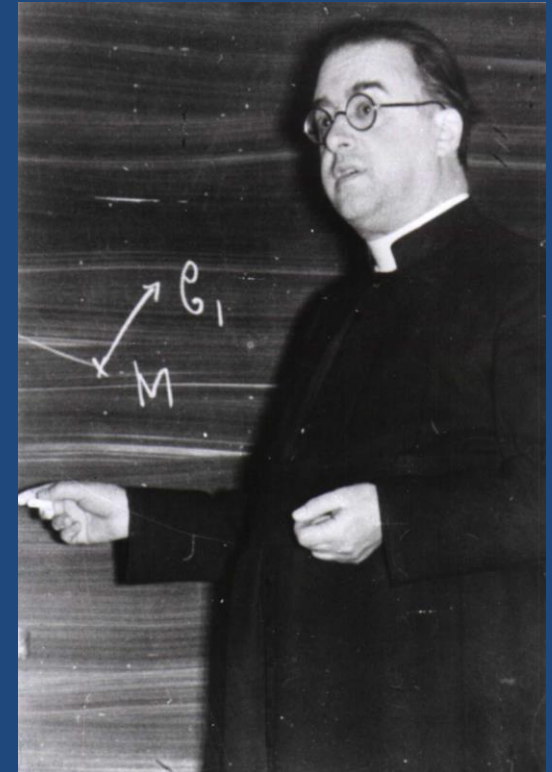


# Η Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang)

- ▣ 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

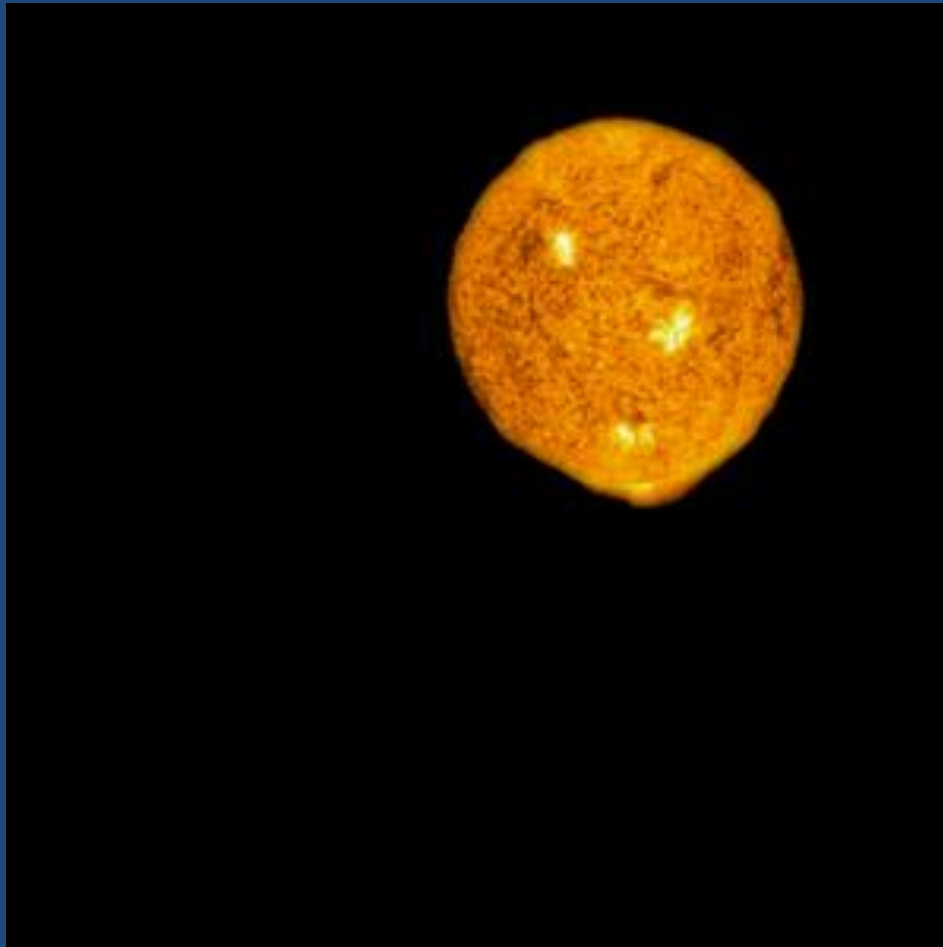
Τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης είναι :

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...
- ▣ 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 ή του Olbers(1826)





# Πώς θα δείξουμε στα παιδιά το παράδοξο του Olbers;

- ▣ 1. Με φακούς
- ▣ 2. Με κεριά
- ▣ 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 )



# 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



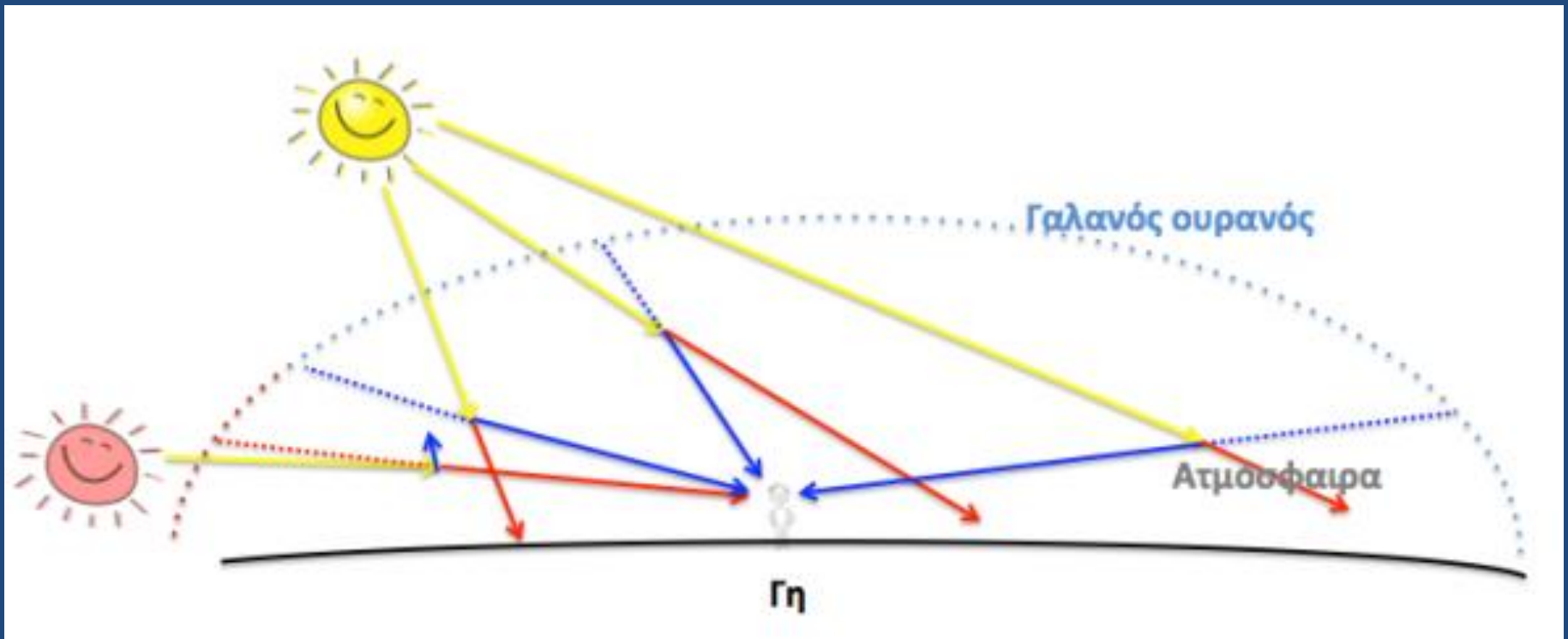
Γιατί ο ουρανός είναι γαλάζιος;



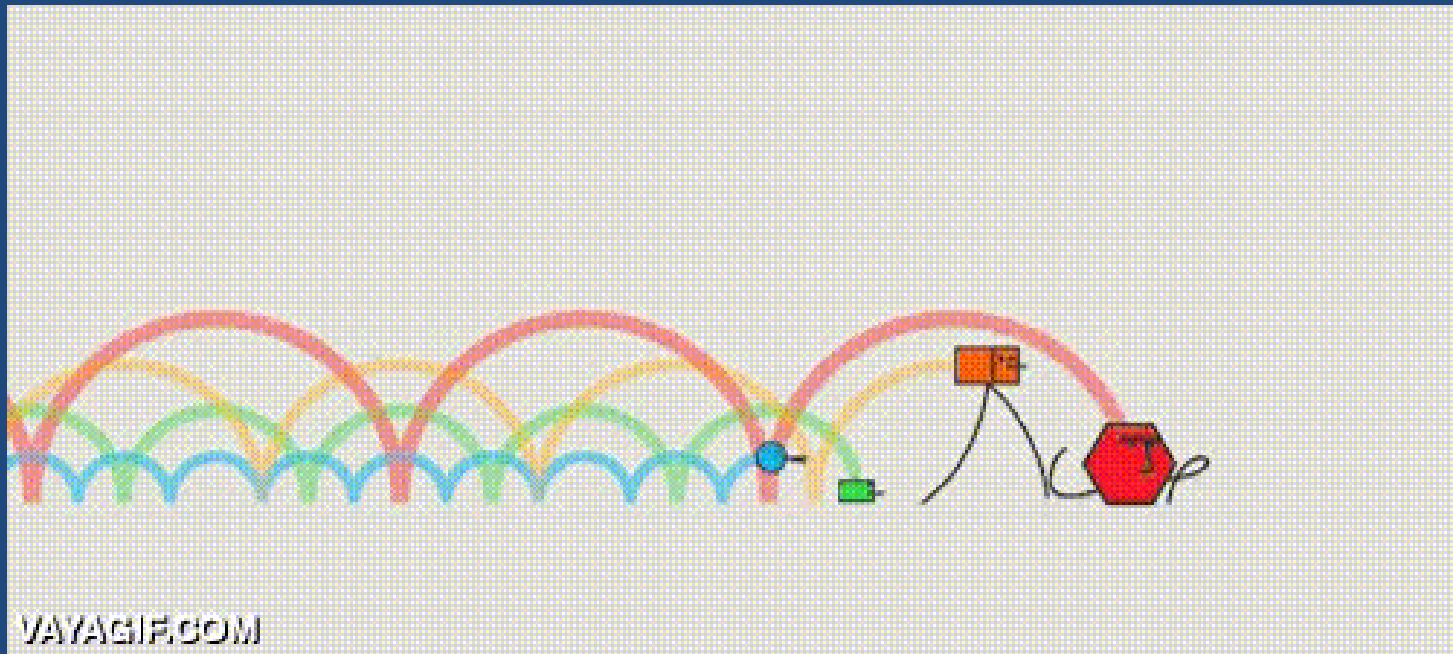
# Γιατί ο ουρανός είναι γαλάζιος;

- ▣ 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



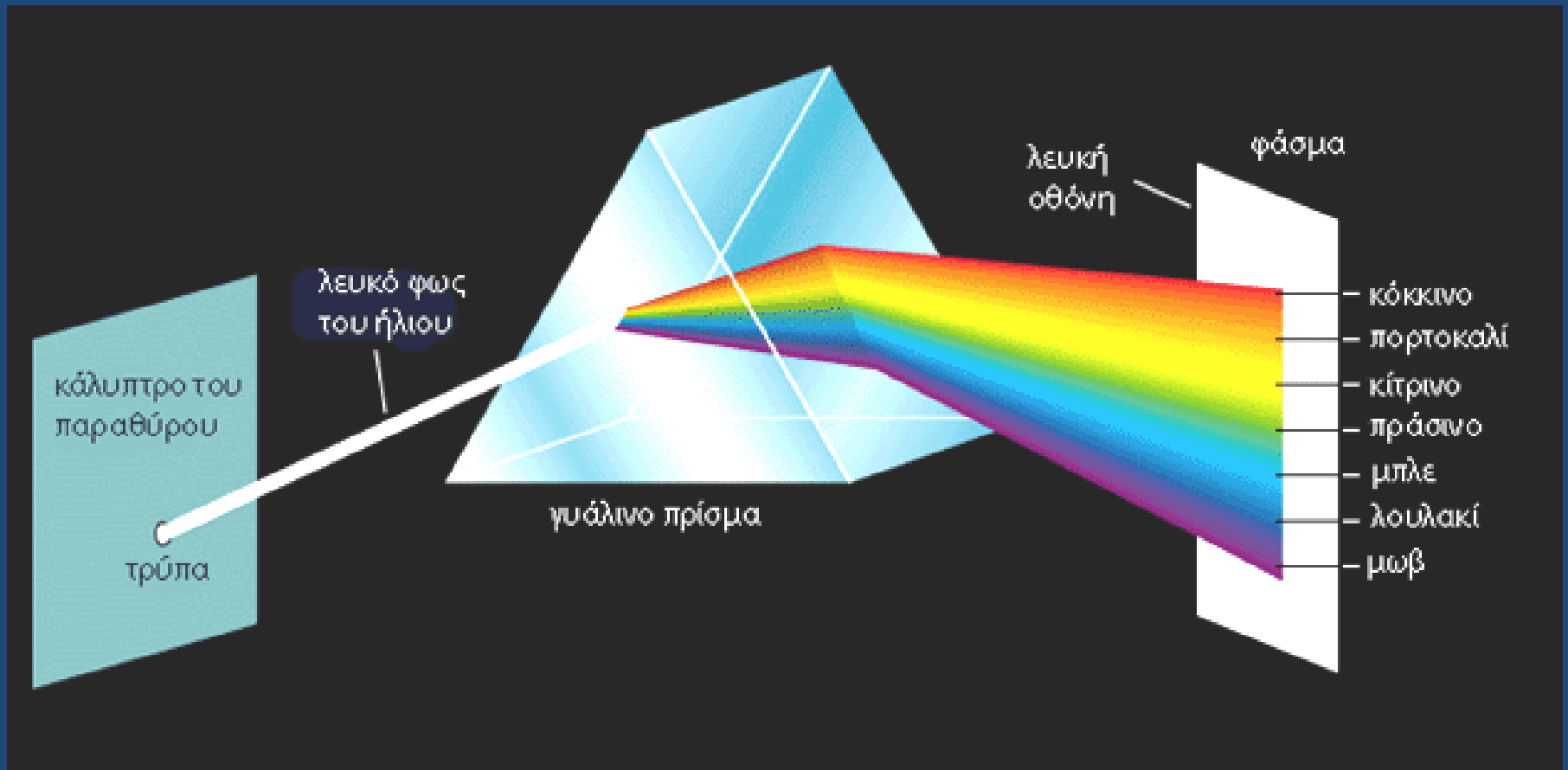
# Φάσμα με CD

( Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών )





# 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.



# Ο νόμος του Hubble (1929)

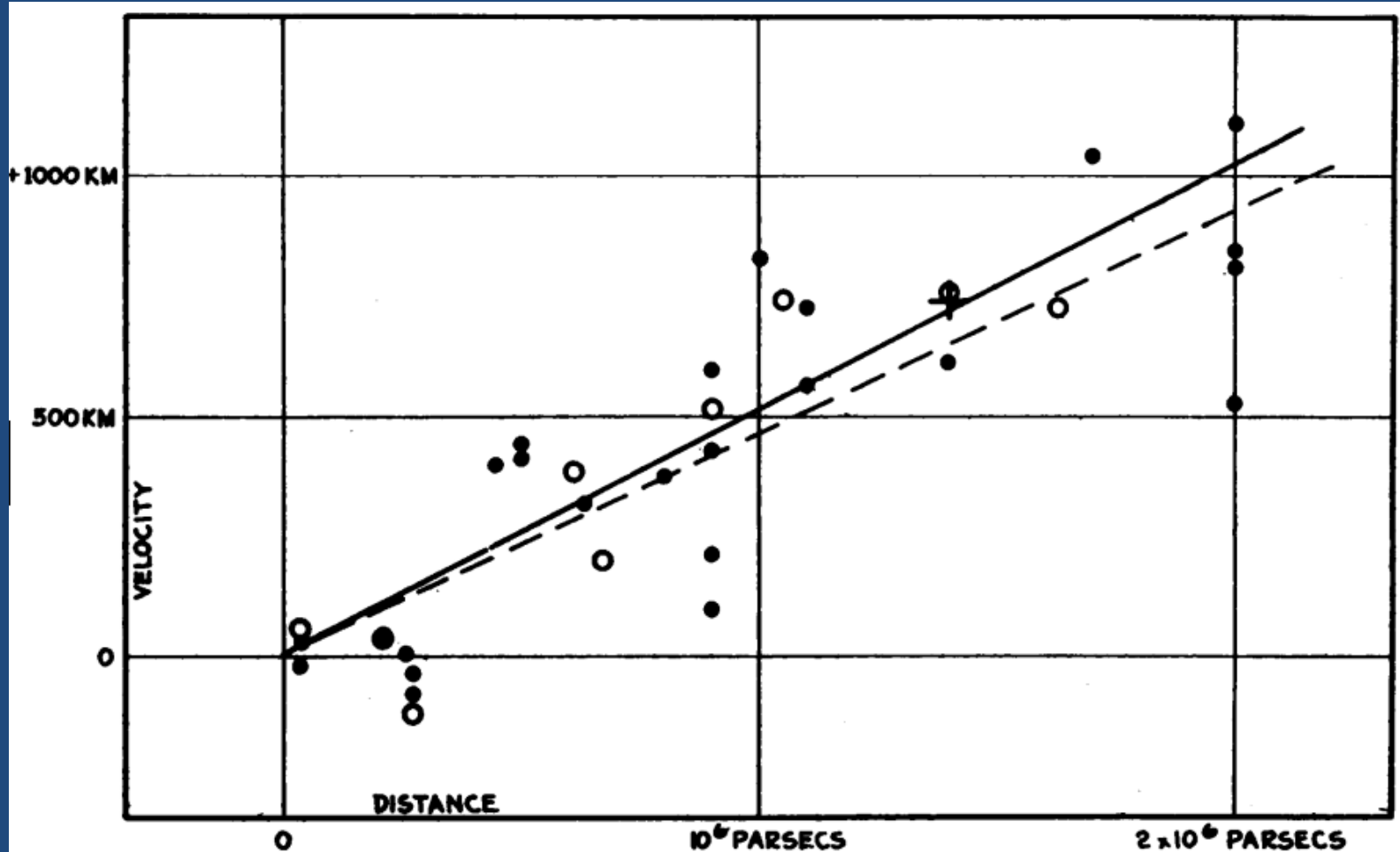
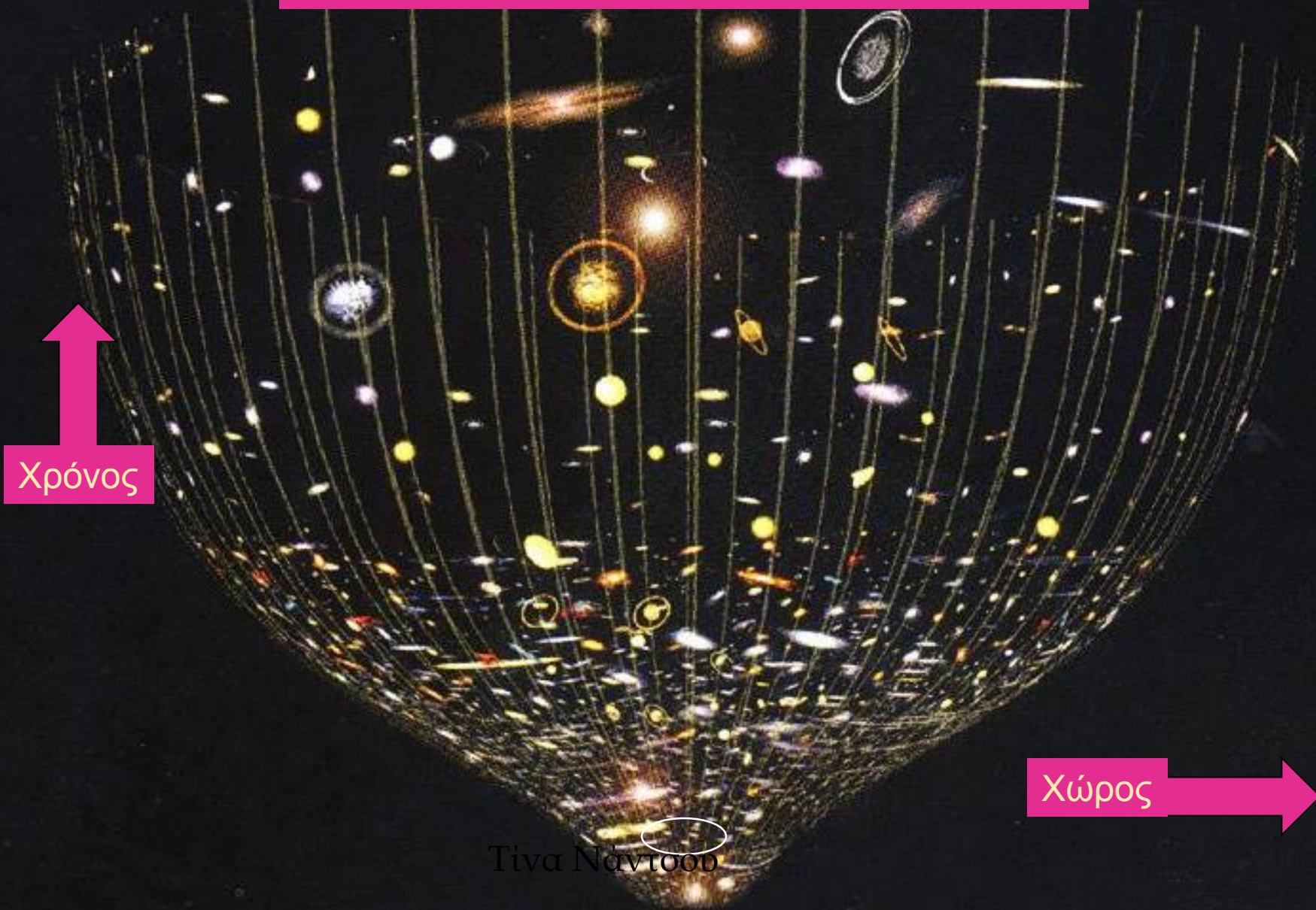


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

# Το Σύμπαν διαστέλλεται



Χρόνος

Χώρος

Τίνα Νάντσου

Οι γαλαξίες απομακρύνονται





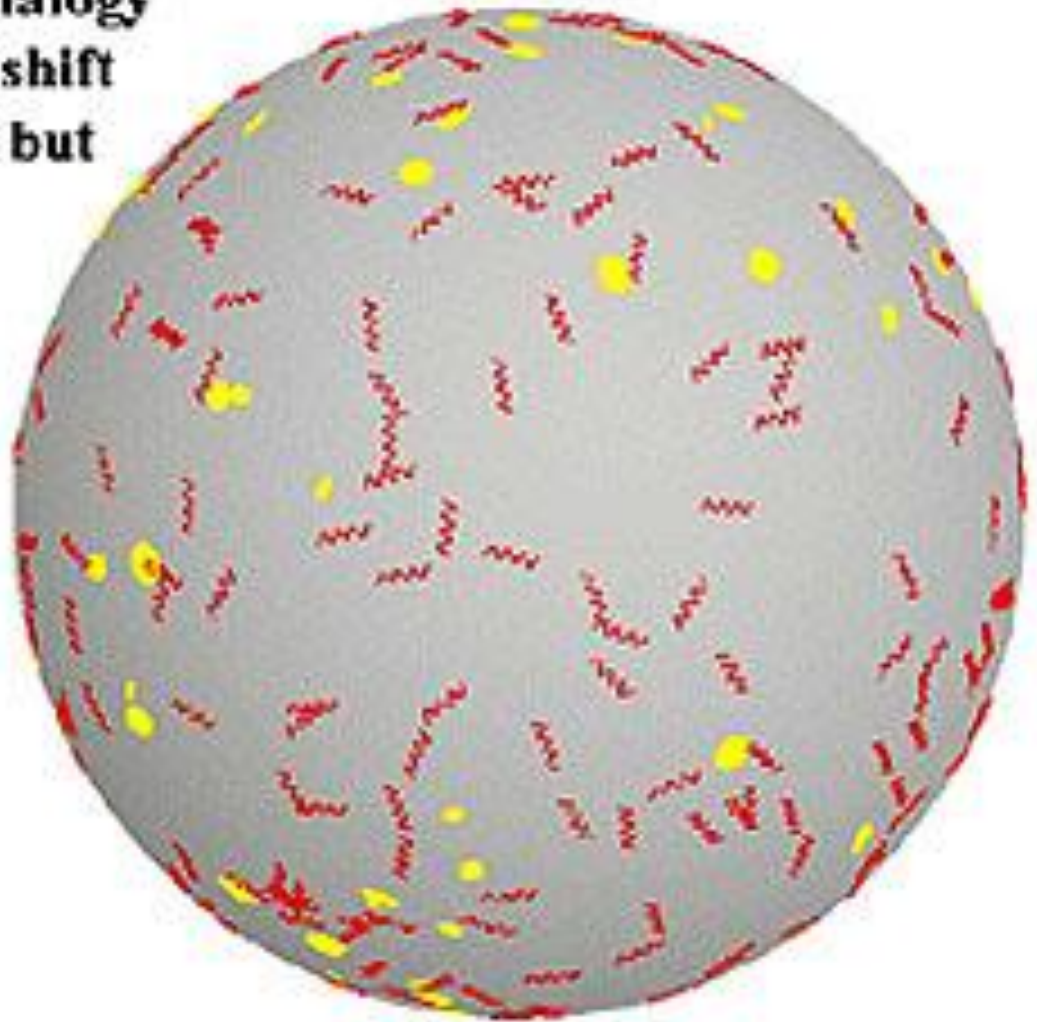
# Η απομάκρυνση των γαλαξιών χώρος 2 διαστάσεων



# Η απομάκρυνση των γαλαξιών

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

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





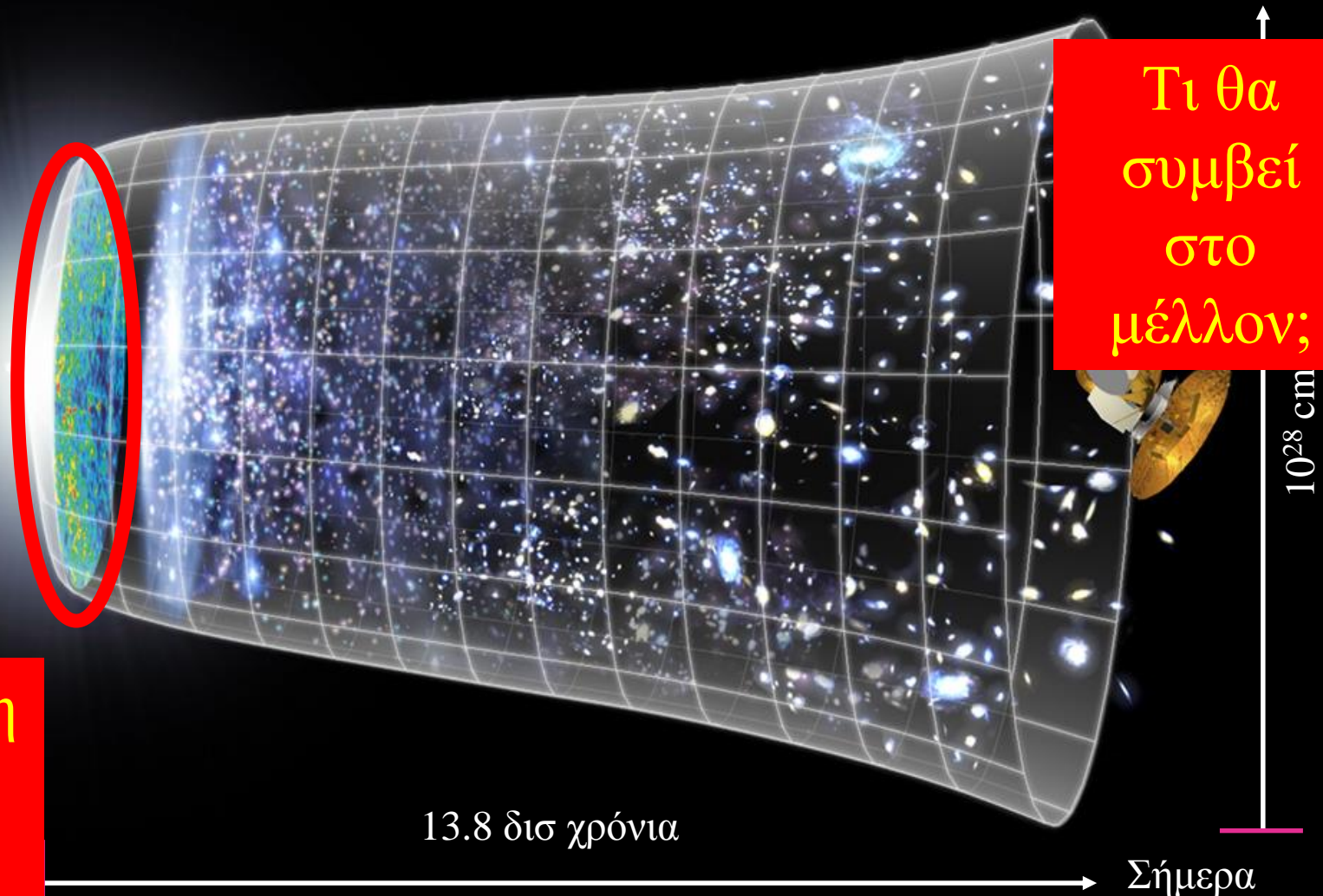
Τι είναι η καμπύλωση του χωρόχρονου;





# Η εξέλιξη του Σύμπαντος

Big Bang



Τι θα συμβεί στο μέλλον;

Τι συνέβη στην αρχή;

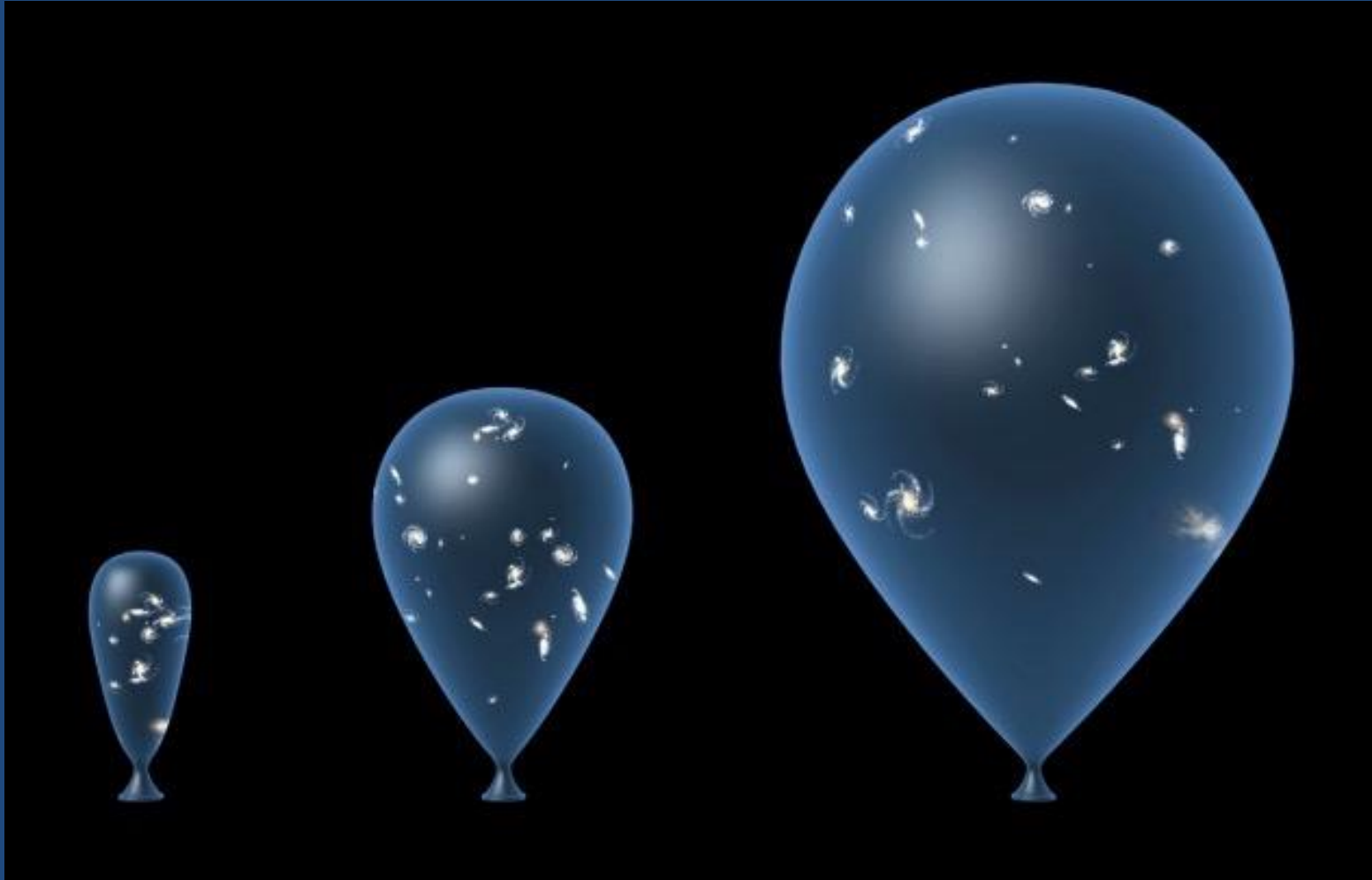
John Ellis

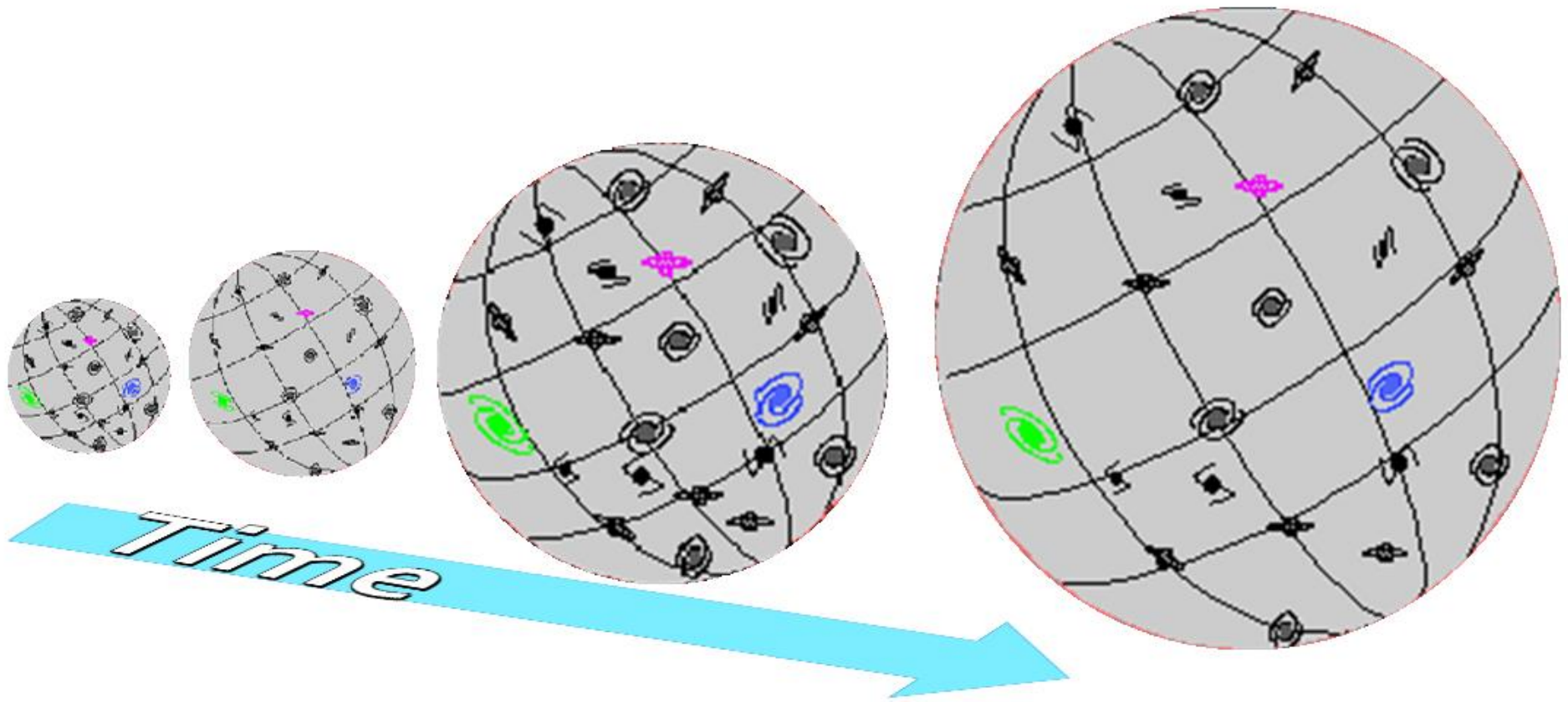
KING'S  
College  
LONDON

# Το Καθιερωμένο Κοσμολογικό Μοντέλο

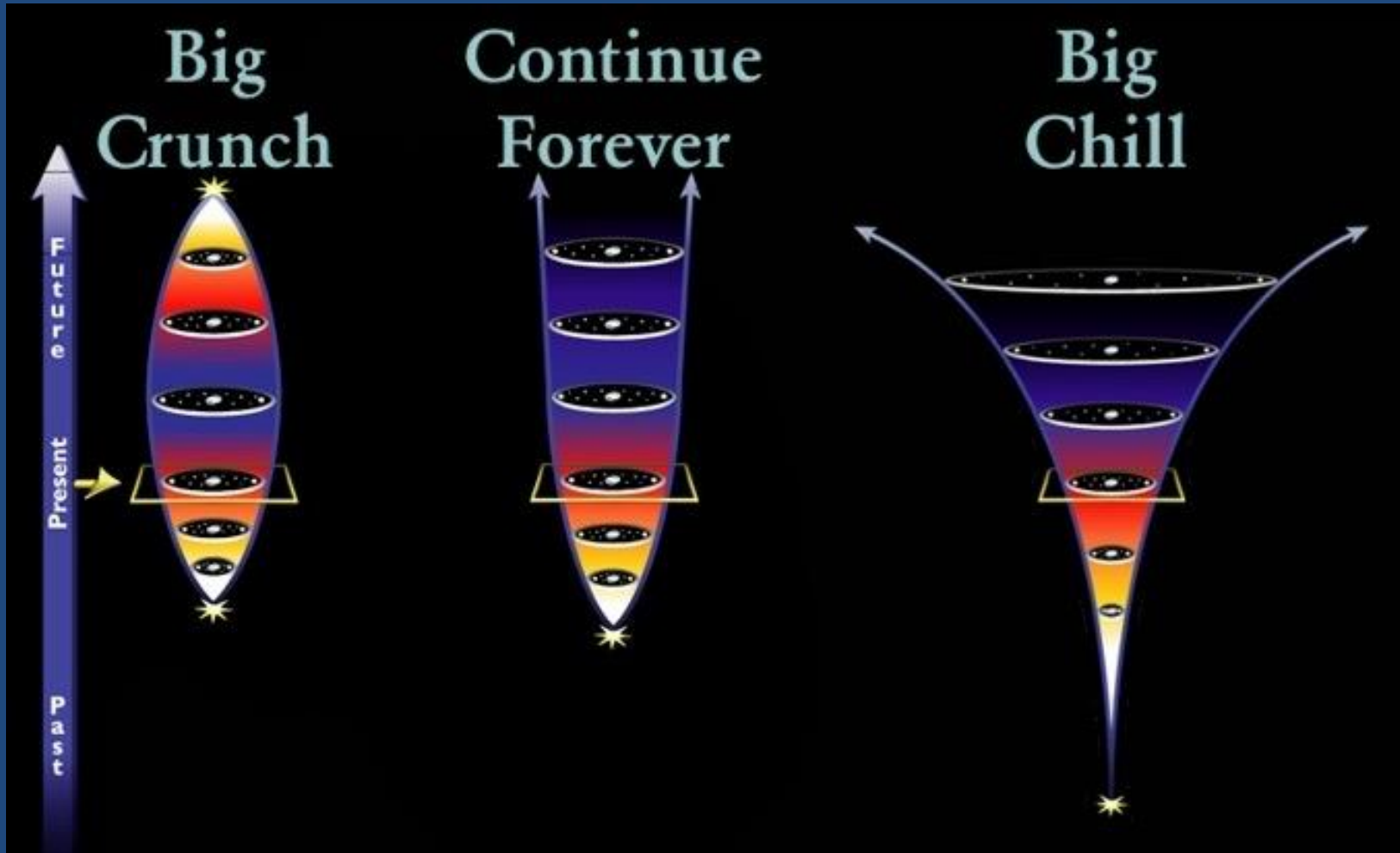
- ▣ Το Σύμπαν αποτελείται από ορατή ύλη, διάχυτη ακτινοβολία, σκοτεινή ύλη και σκοτεινή ενέργεια.
- ▣ Το Σύμπαν διαστέλλεται.
- ▣ Σε μεγάλη κλίμακα το Σύμπαν είναι ομοιογενές και ισότροπο.

Πώς θα δείξουμε το Big Bang ;





# Πώς θα εξελιχθεί το Σύμπαν;





Πως μπορεί  
να εξελιχθει  
το συμπαν!

Big Crunch

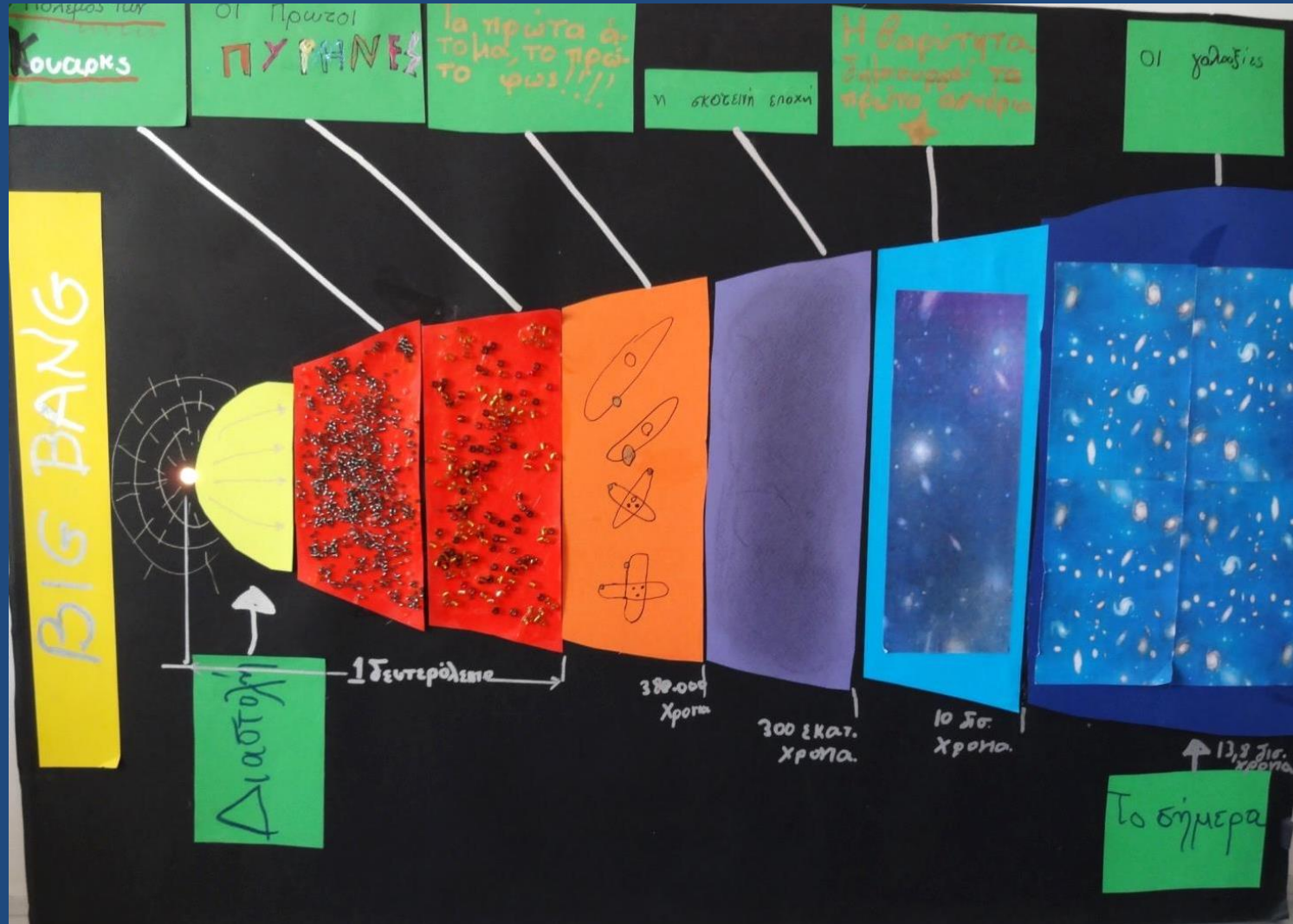


Big Bang





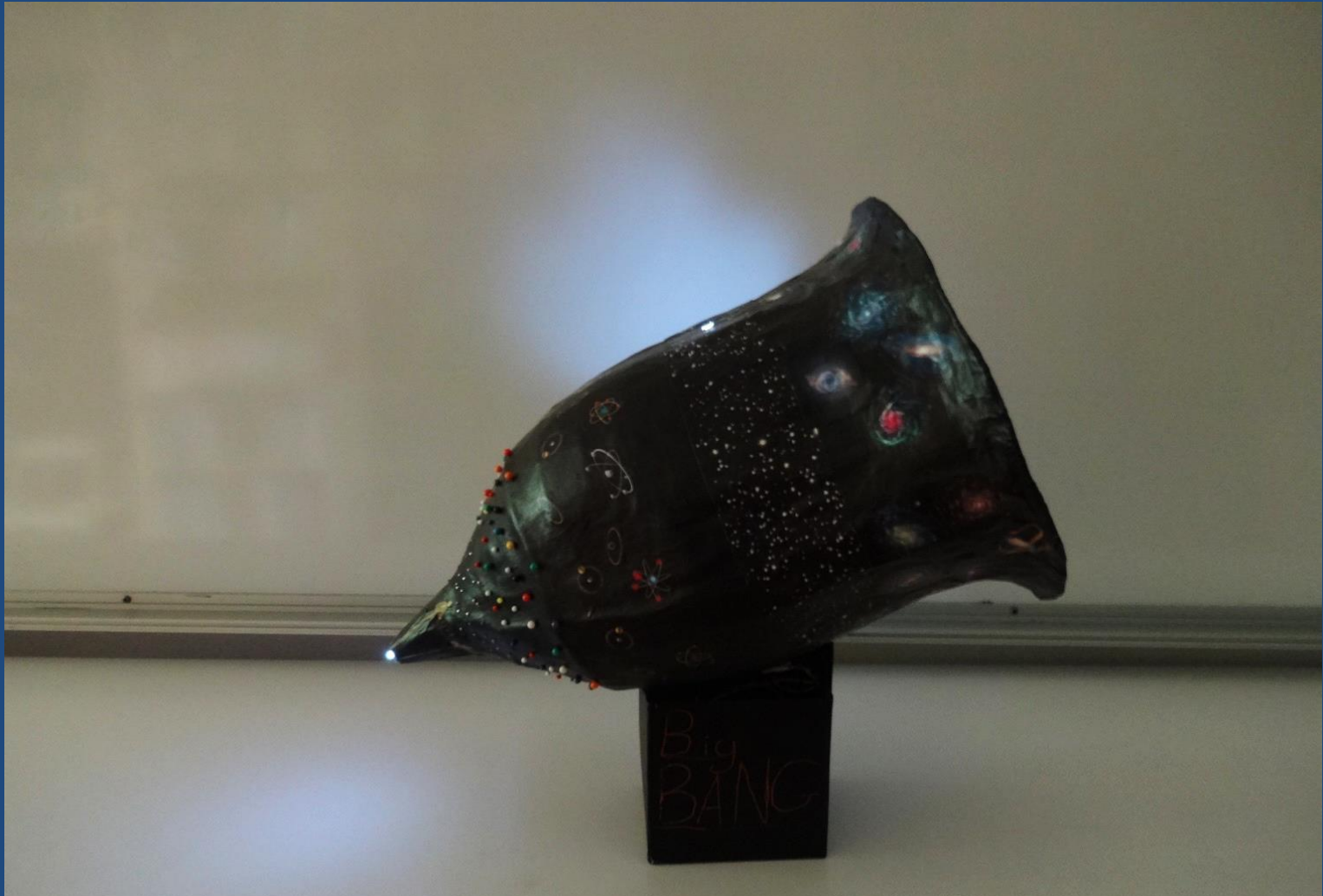
# Η ιστορία του Σύμπαντος



# To Big Bang



Η αρχή του Σύμπαντος είναι το φως



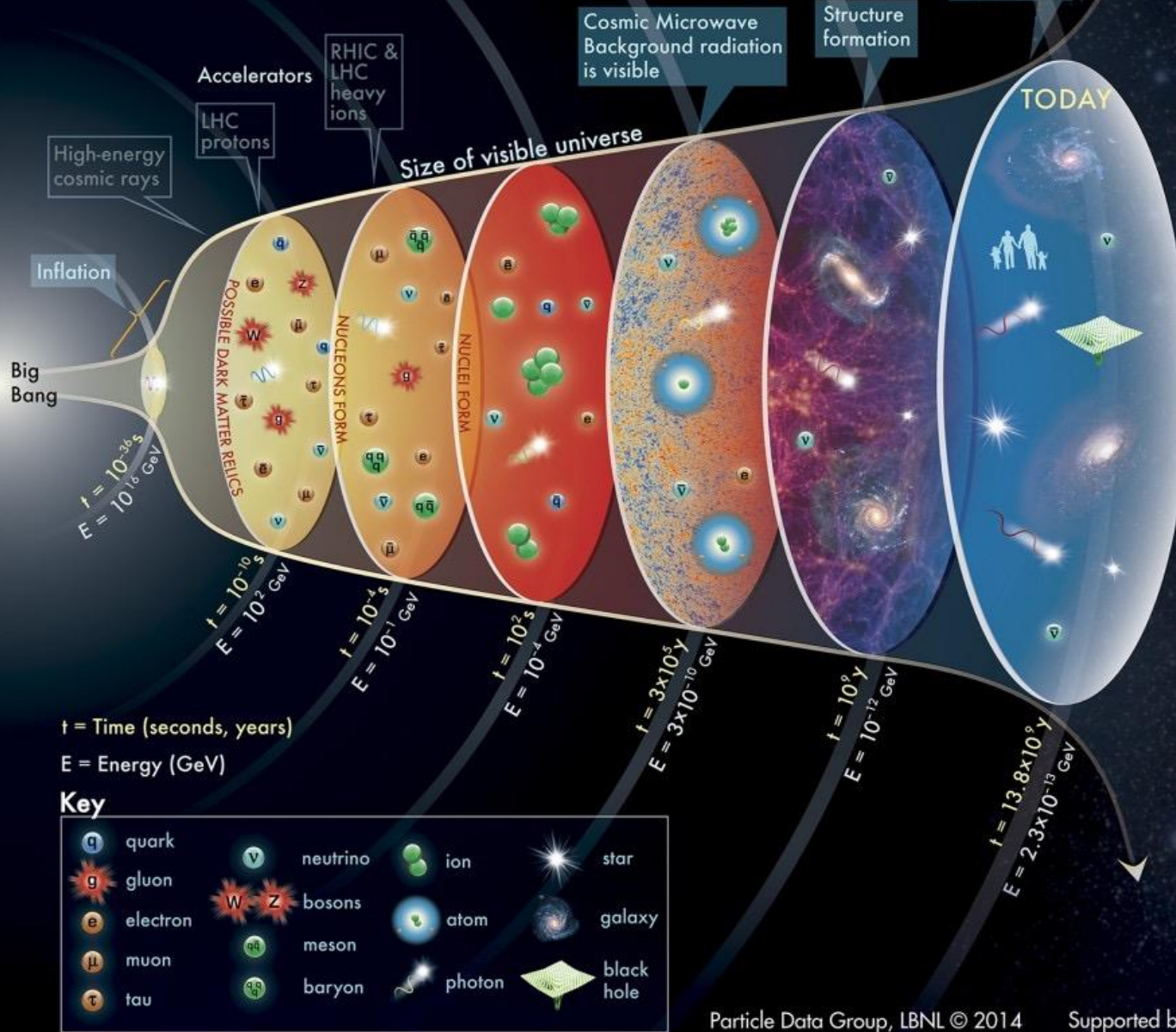
# Κοσμικό χωνί :Φτιάξε την δική σου κατασκευή

Χρησιμοποίησε τα παρακάτω υλικά:

- ▣ Χαρτόνια
- ▣ Καλώδια
- ▣ Λαμπάκια
- ▣ Μπαταρία



# HISTORY OF THE UNIVERSE







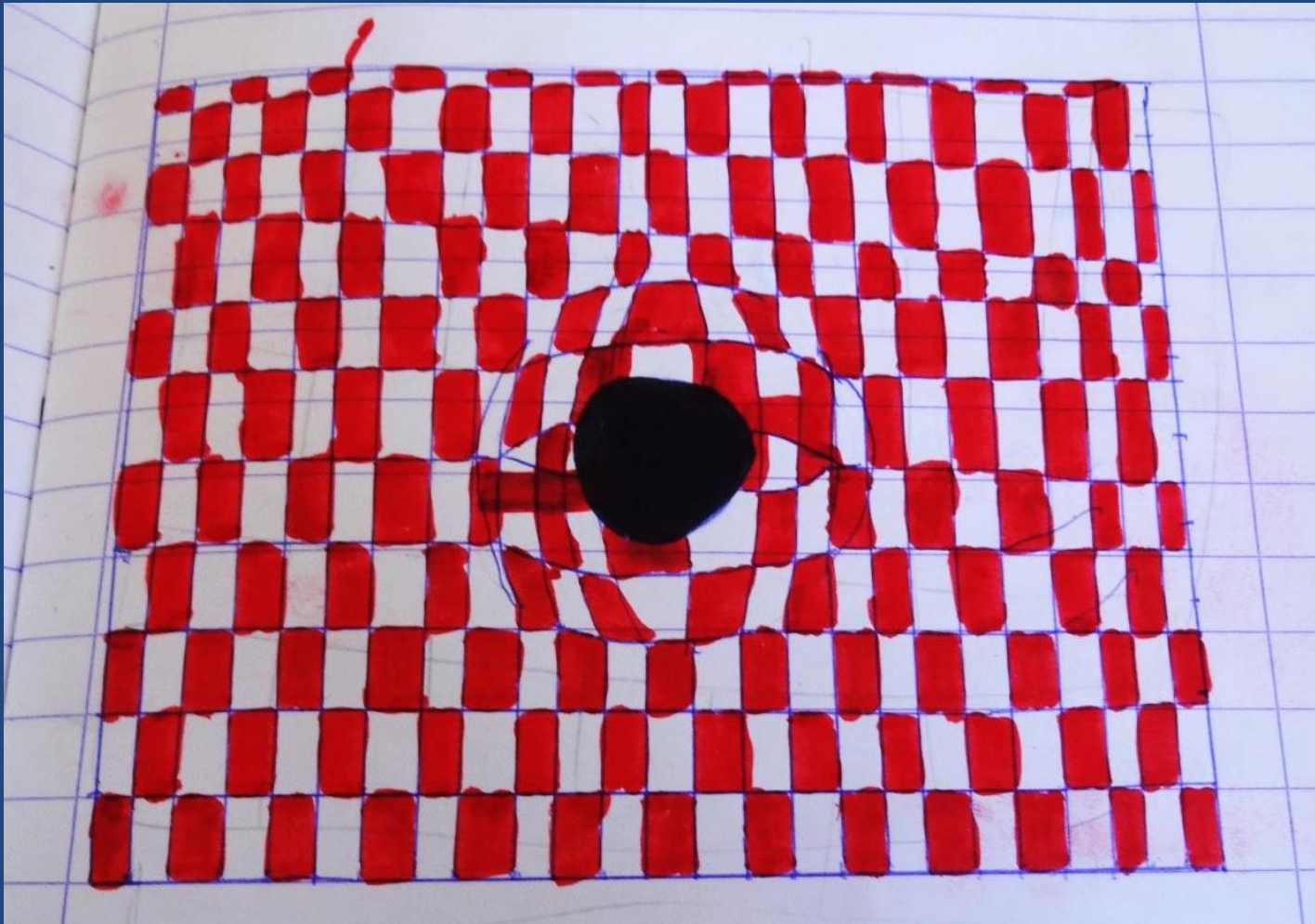
# To Big Bang



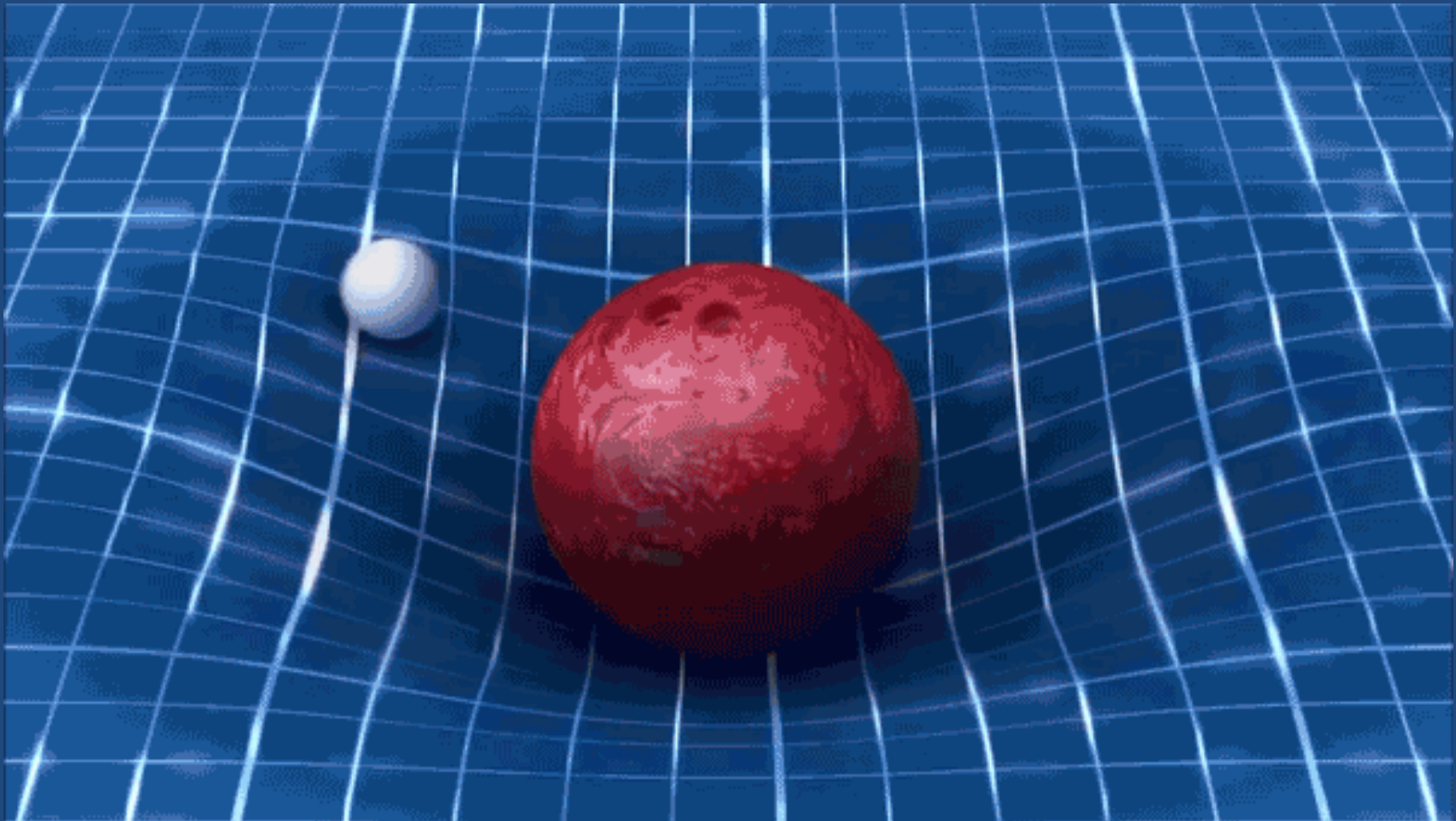




# Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

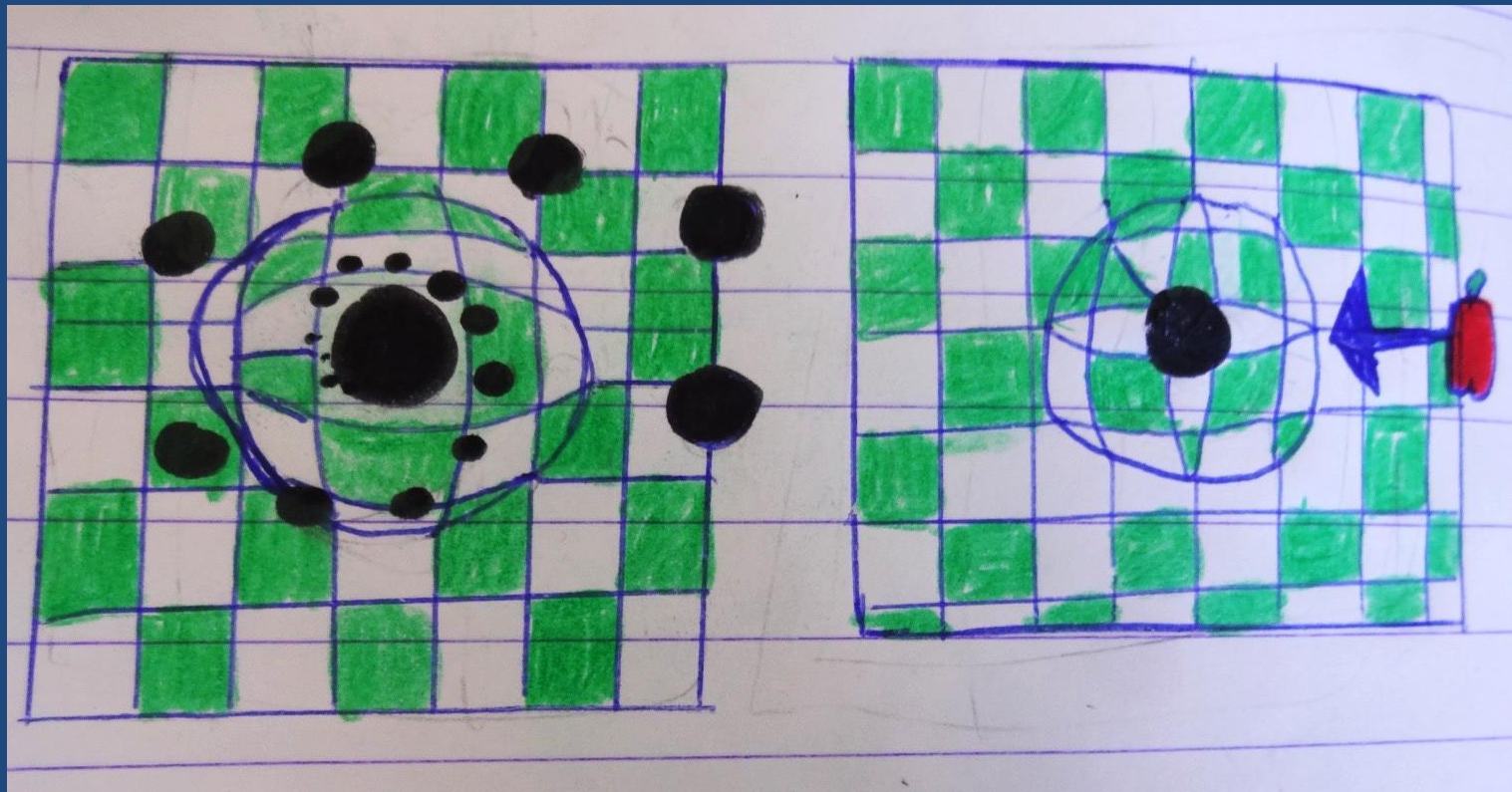


Γιατί περιστρέφονται οι πλανήτες  
γύρω από τον Ήλιο;





# Τι είναι στην πραγματικότητα η βαρύτητα; Καμπύλωση του χωρόχρονου







# Γιατί πέφτει το μήλο;

( Δαναός CINEDOC )

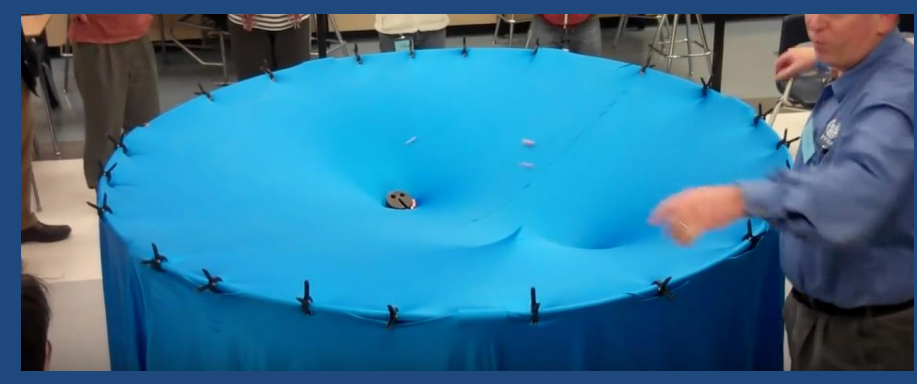
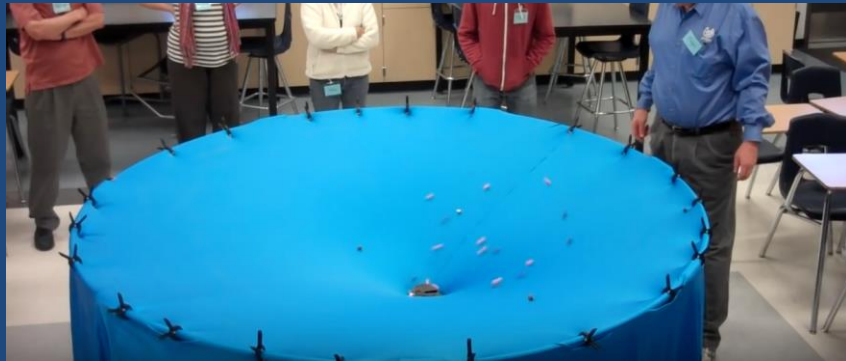
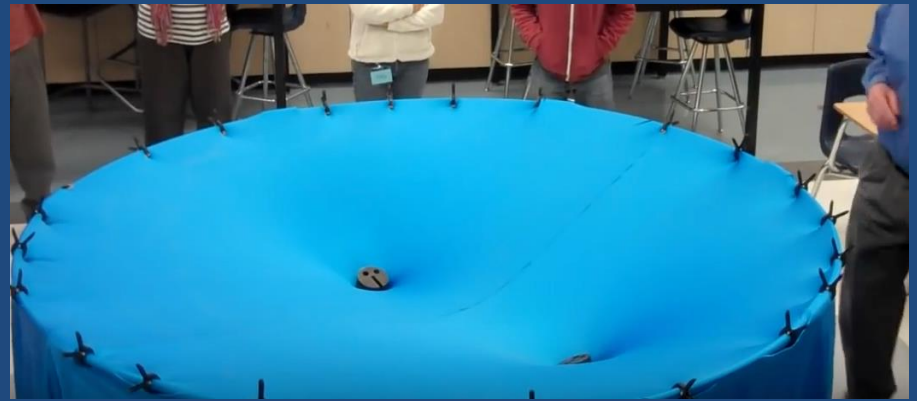






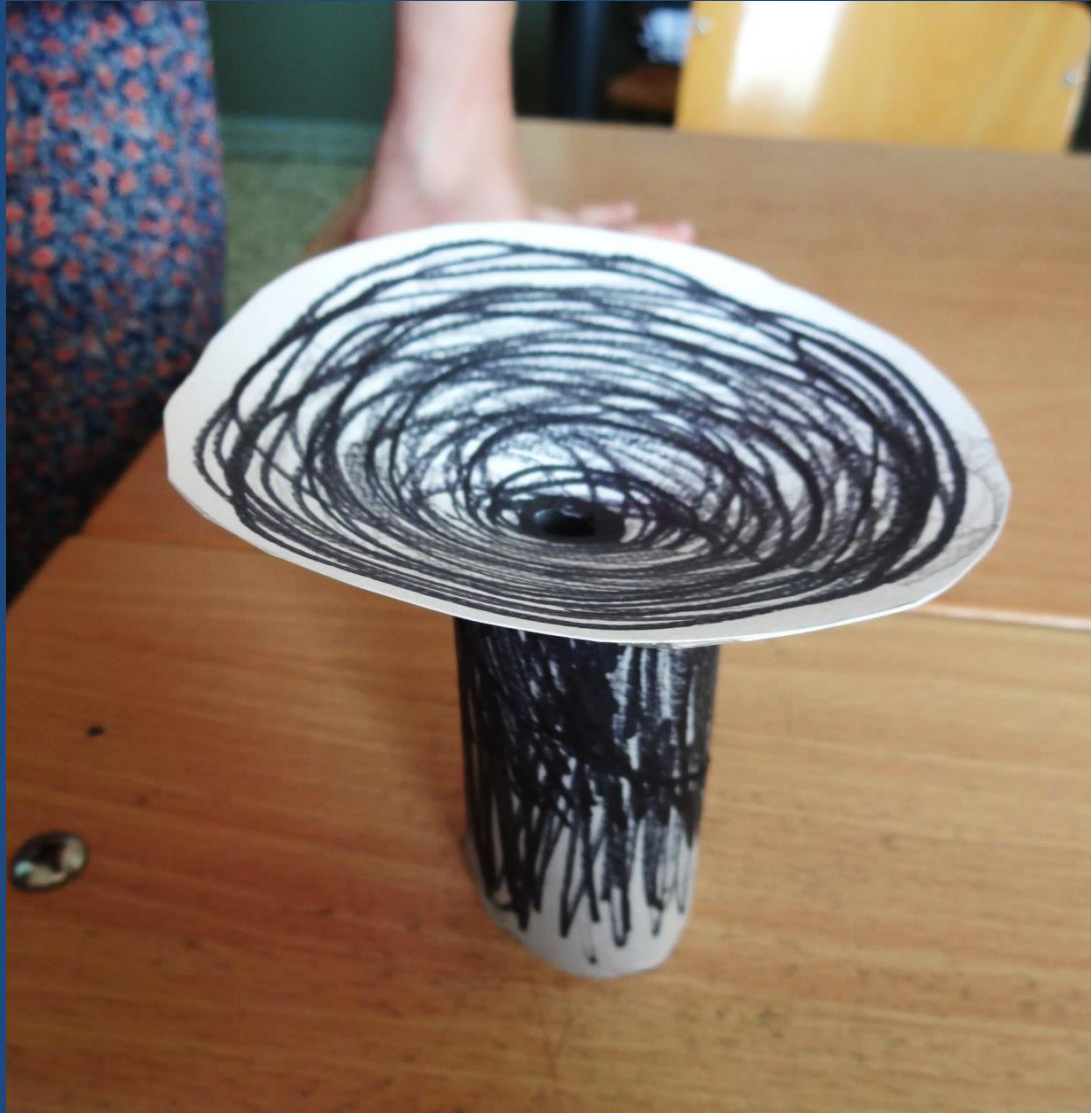
# Τι γίνεται με τον χρόνο;



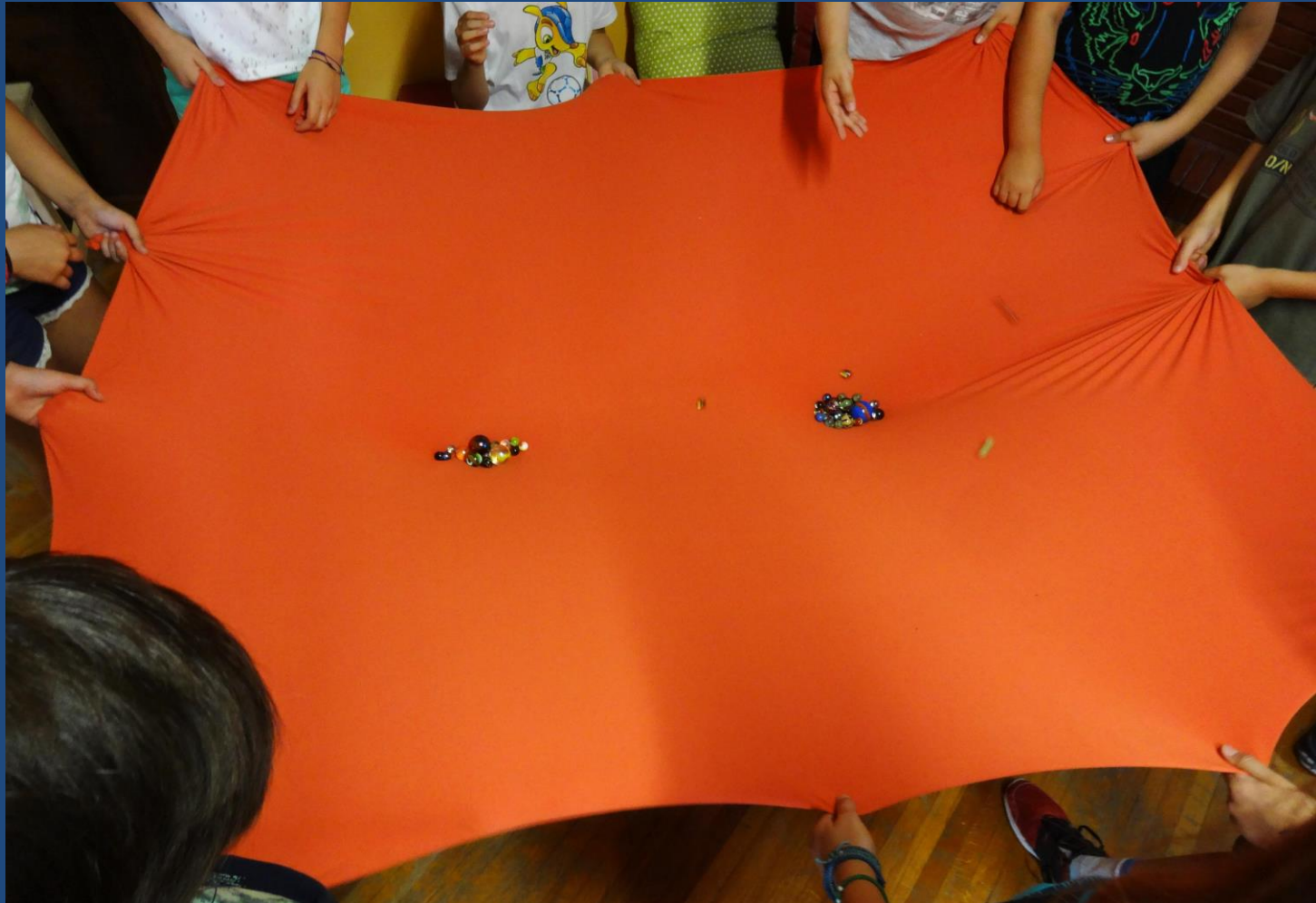




# Τι γίνεται στις μαύρες τρύπες;



# Η κίνηση των εξωπλανητών γύρω από δύο μαύρες τρύπες

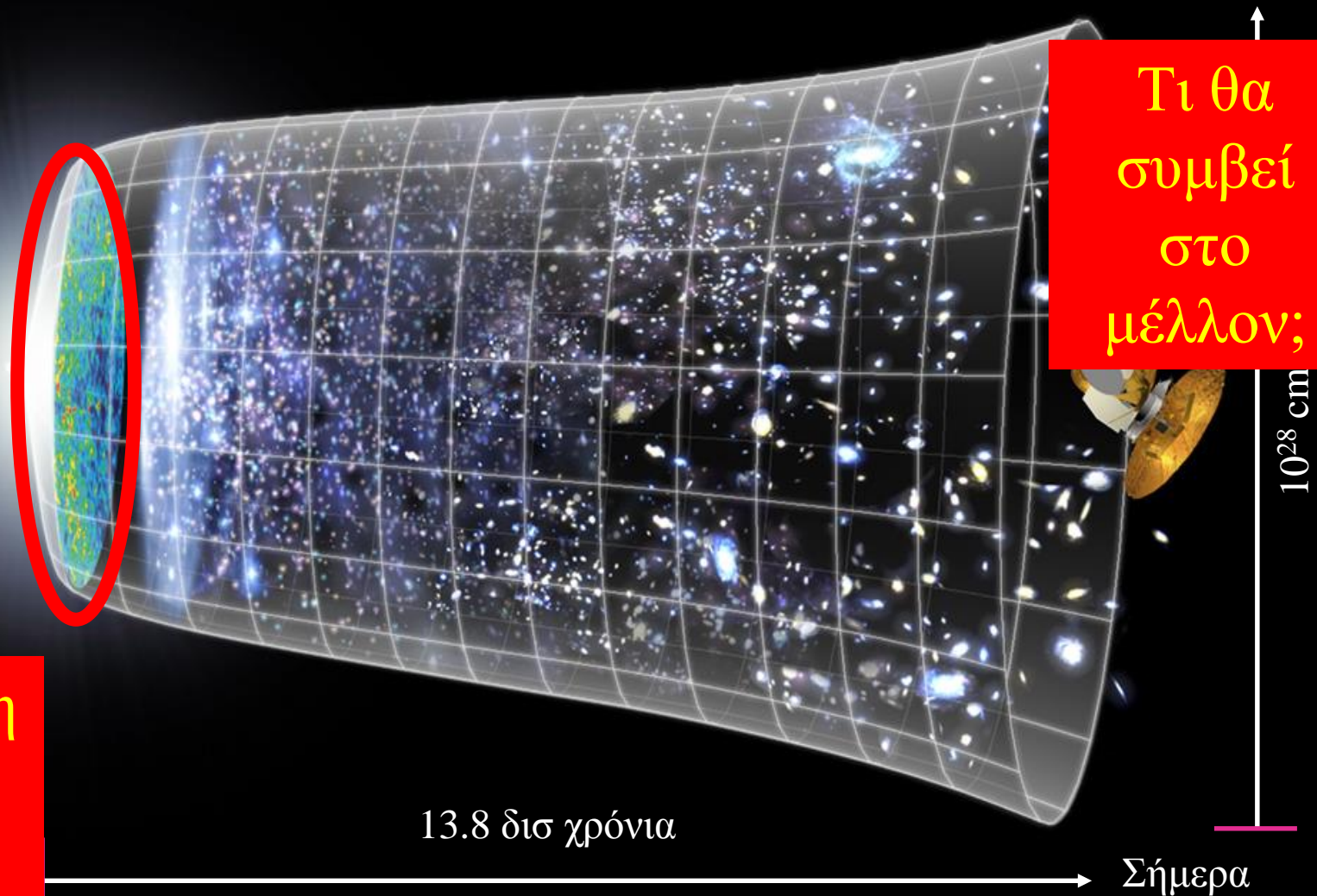






# Η εξέλιξη του Σύμπαντος

Big Bang



Τι θα  
συμβεί  
στο  
μέλλον;

$10^{28}$  cm

13.8 δισ χρόνια

Σήμερα

Τι συνέβη  
στην  
αρχή;

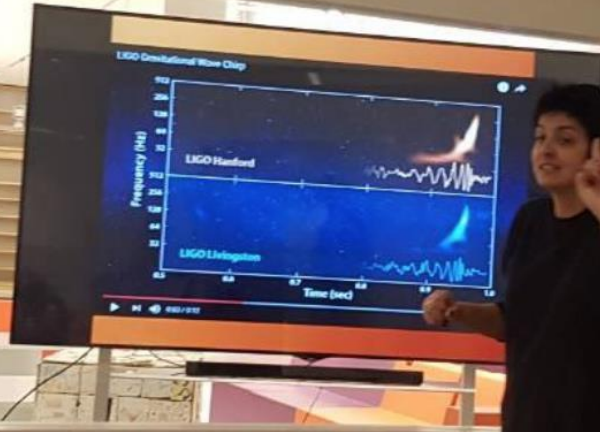
John Ellis



# 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, watching the presentation. They are wearing red chairs. On the table, there are yellow balloons, a small container of pens, and other items.

# 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.



«Τι μάζα προκαλεί καμπύλωση στο σεντόνι όπως μια μπάλα που περνάει γύρω σ' ένα τραπέζι»

«Όσο μεγαλύτερη η μάζα, τόσο μεγαλύτερη και η καμπύλωση του σεντονιού από 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 μάζα επιταχύνει μπορεί να δημιουργήσει βαρυτικά κύματα.



Αν σε δυο μίλια 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 σπη

ζεύγος αστέρων νετρονίων

ζεύγος μελανών σπών

Δηλαδή χρειαζόμαστε κάτι με τεράστια μάζα που κινείται πάρα πολύ γρήγορα για να μπορούμε 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.

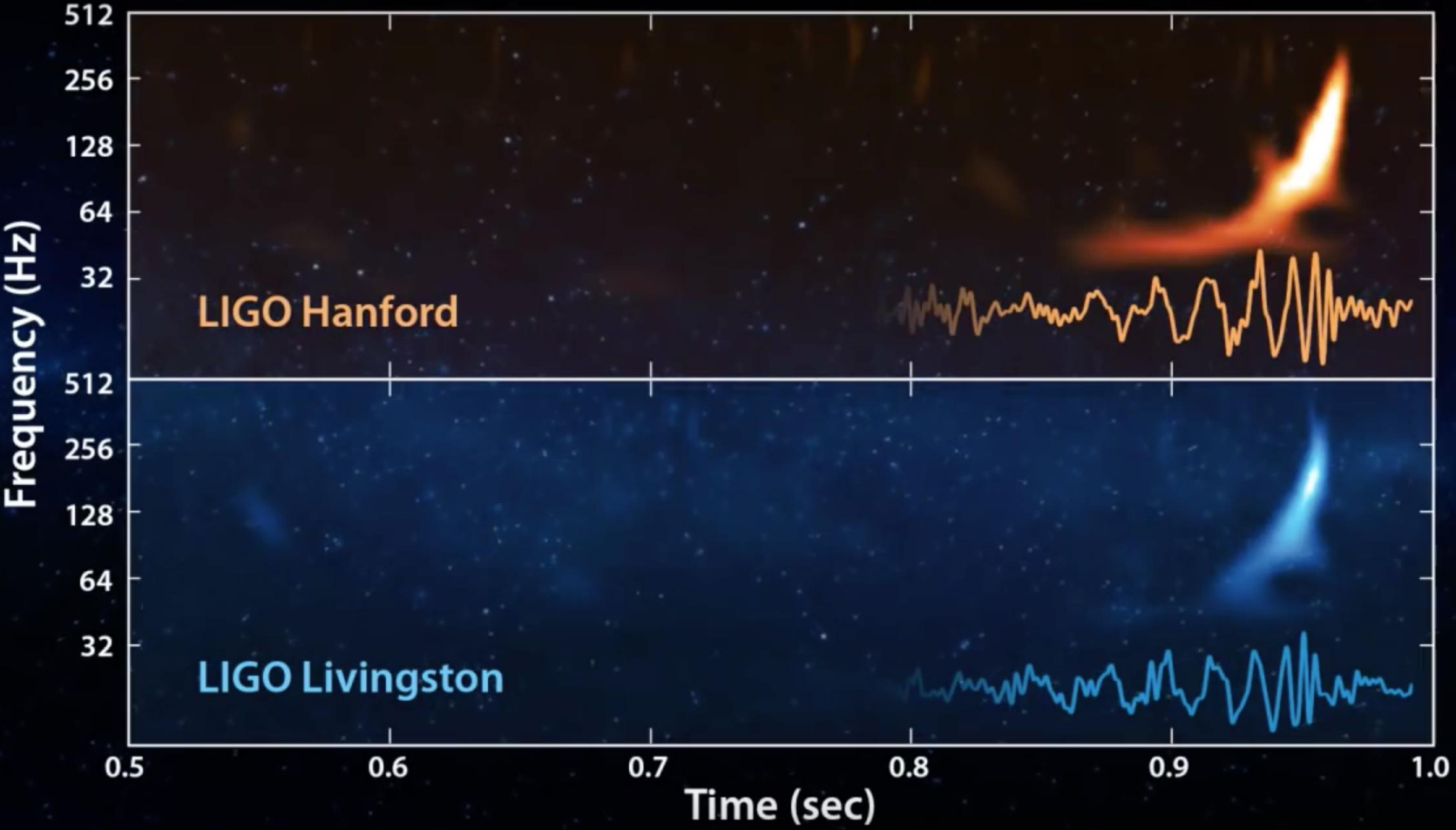
Τίνα Νάντσου

# Βαρυτικά κύματα στο Ευγενίδιο!



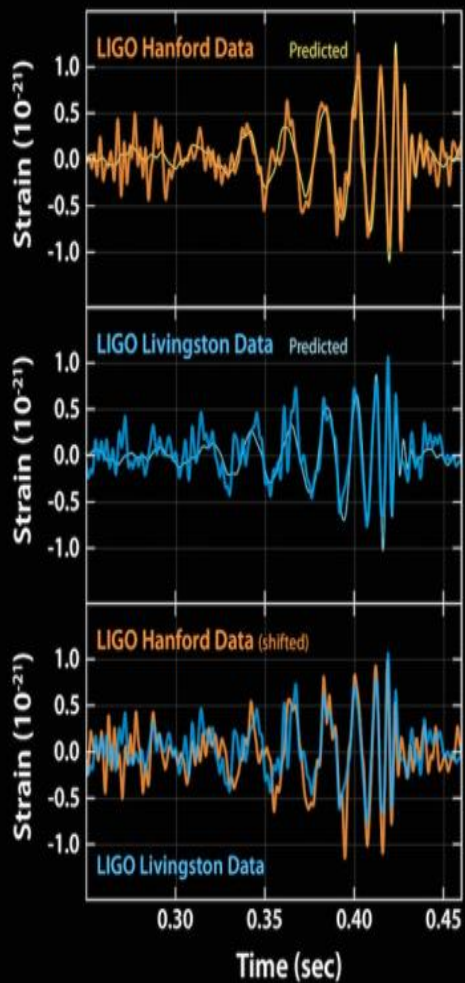
Με τον Δ. Σιμόπουλο

# LIGO Gravitational Wave Chirp





# Το Σήμα που Έφτασε στη Γη



Απόσταση: 1,3 δις ε.φ.

0,004 πρωτονίου

Livingston

Hanford

# Το πείραμα LIGO





# Ηλεκτροσκόπιο, ο πρώτος ανιχνευτής κοσμικής ακτινοβολίας



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**



# Απολαμβάνοντας την κοσμική πίτσα του Ellis!



Tina Νάντσου



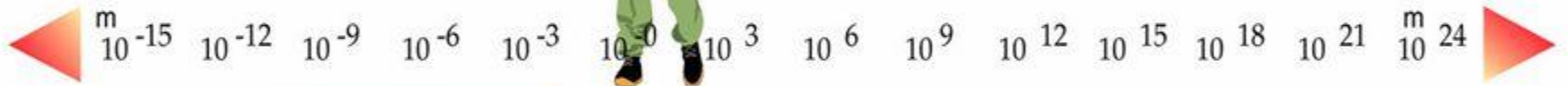




# Goal of CERN is particle physics research (which links to the physics of the universe)

Particle physics looks at matter in its smallest dimensions.

Astrophysics looks at matter in its largest dimensions.



Microscopes  
Microscopes

Jumelles  
Binoculars

Telescopes optiques & radio  
Optical & radio telescopes

Accélérateurs  
et détecteurs  
Accelerators  
and detectors

L'oeil nu.  
Naked eye

## THE TWO FRONTIERS OF PHYSICS

# Ονειρευόμαστε το μέλλον





# CERN...



- ▣ Ζητά απαντήσεις σε ερωτήσεις για το Σύμπαν.
- ▣ Προωθεί τα όρια της τεχνολογίας αιχμής.
- ▣ Εκπαιδεύει τους επιστήμονες του αύριο.
- ▣ Φέρνει τις χώρες πιο κοντά μέσω της επιστήμης



# Βιβλιογραφία

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

<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

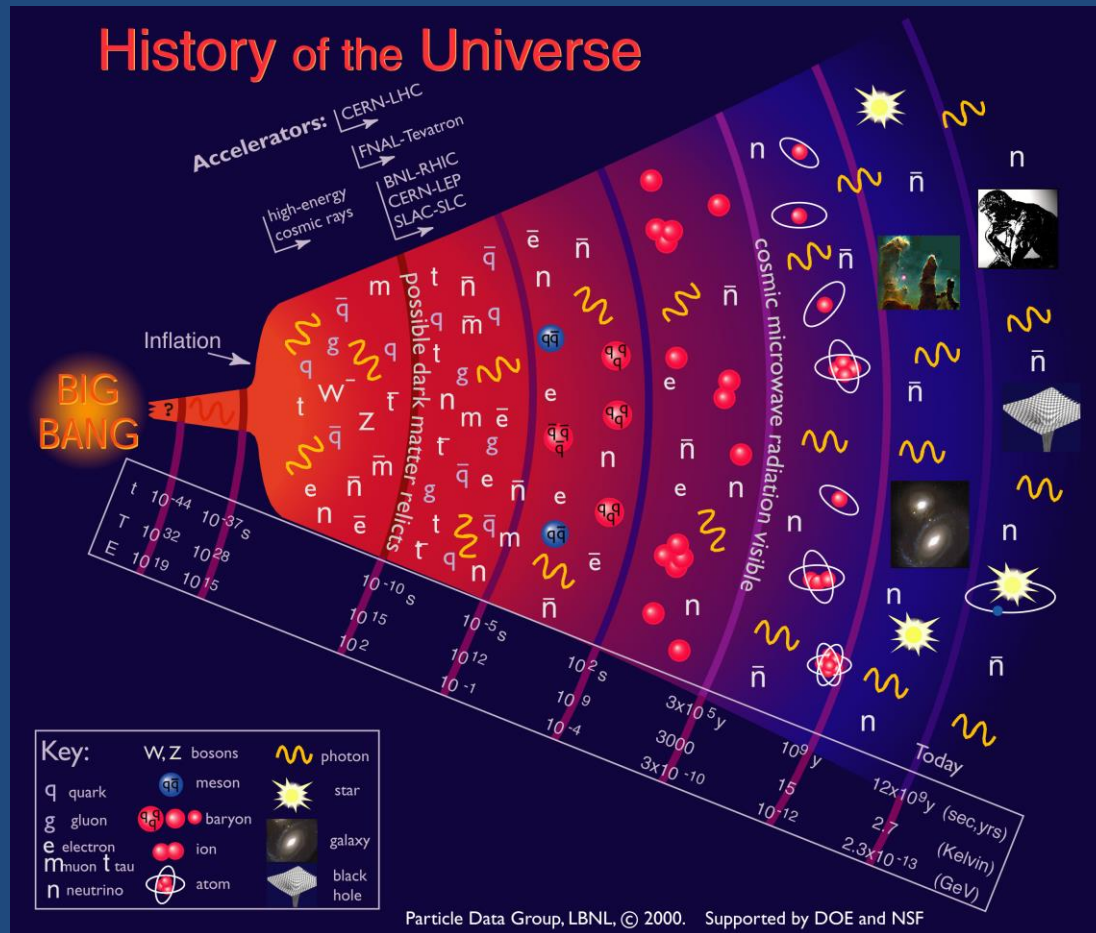
Διαφάνειες 11 Σαράντης Χέλμης

Διαφάνειες 21,74 Εκδήλωση Playing with Protons NOESIS Κική Ζερβού

Ευχαριστώ πολύ την καθηγήτρια Ανδρομάχη Τσίρου (CERN) ,τον καθηγητή Γεώργιο Καλκάνη(ΕΚΠΑ), τον αστρονόμο και 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  
2009



3<sup>rd</sup>

PLAYING  
WITH  
PROTONS  
GREECE CPD  
COURSE

26-30  
AUGUST  
2018  
CERN



PLAYING WITH  
PROTONS

Bringing together Greek primary teachers, science education specialists  
and CERN scientists to develop creative approaches to engage  
5th and 6th grade students with physics, discovery and innovation.

Organized by \_\_\_\_\_



Hosted by \_\_\_\_\_



Approved by \_\_\_\_\_



Supported by \_\_\_\_\_

