ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΤΡΙΑ ΛΕΠΤΑ …

Θ. Τομαράς
Πανεπιστήμιο Κρήτης

ΕΝΑ ΠΟΛΥ ΚΑΛΟ ΒΙΒΛΙΟ:
S. WEINBERG: «THE FIRST THREE MINUTES»

ΕΠΙΣΗΣ: WIKIPEDIA

ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ

1. ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΚΗ «ΑΡΧΗ»

2. ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΔΙΑΣΤΕΛΛΕΤΑΙ – ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ HUBBLE

3. ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΠΕΡΙΕΧΕΙ....

4. ΟΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ FRIEDMANN – ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Η ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ,
Η «ΚΟΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΤΩΣΗ»

6. ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΚΗ «ΕΡΥΘΡΟΠΗΣΗ»

Ο ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟΣ

7. ΤΟ STANDARD MODEL – ΤΟ HIGGS

8. ΤΟ BIG BANG και Η ΠΡΩΤΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

9. ΤΟ «ΠΛΗΘΩΡΙΣΤΙΚΟ» ΣΥΜΠΑΝ – ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

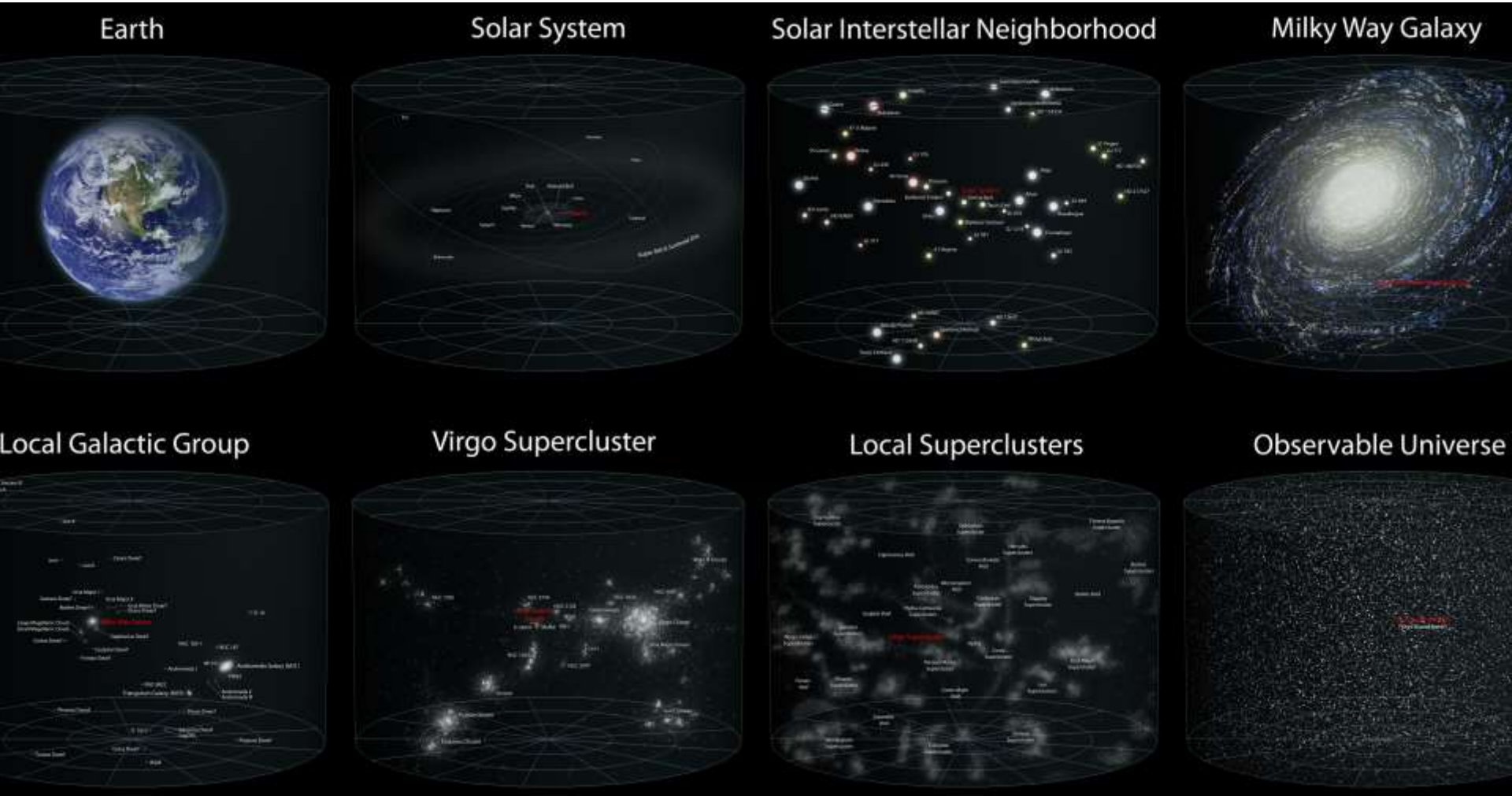
ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ

1. ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΣ ΚΑΙ ΙΣΟΤΡΟΠΟ

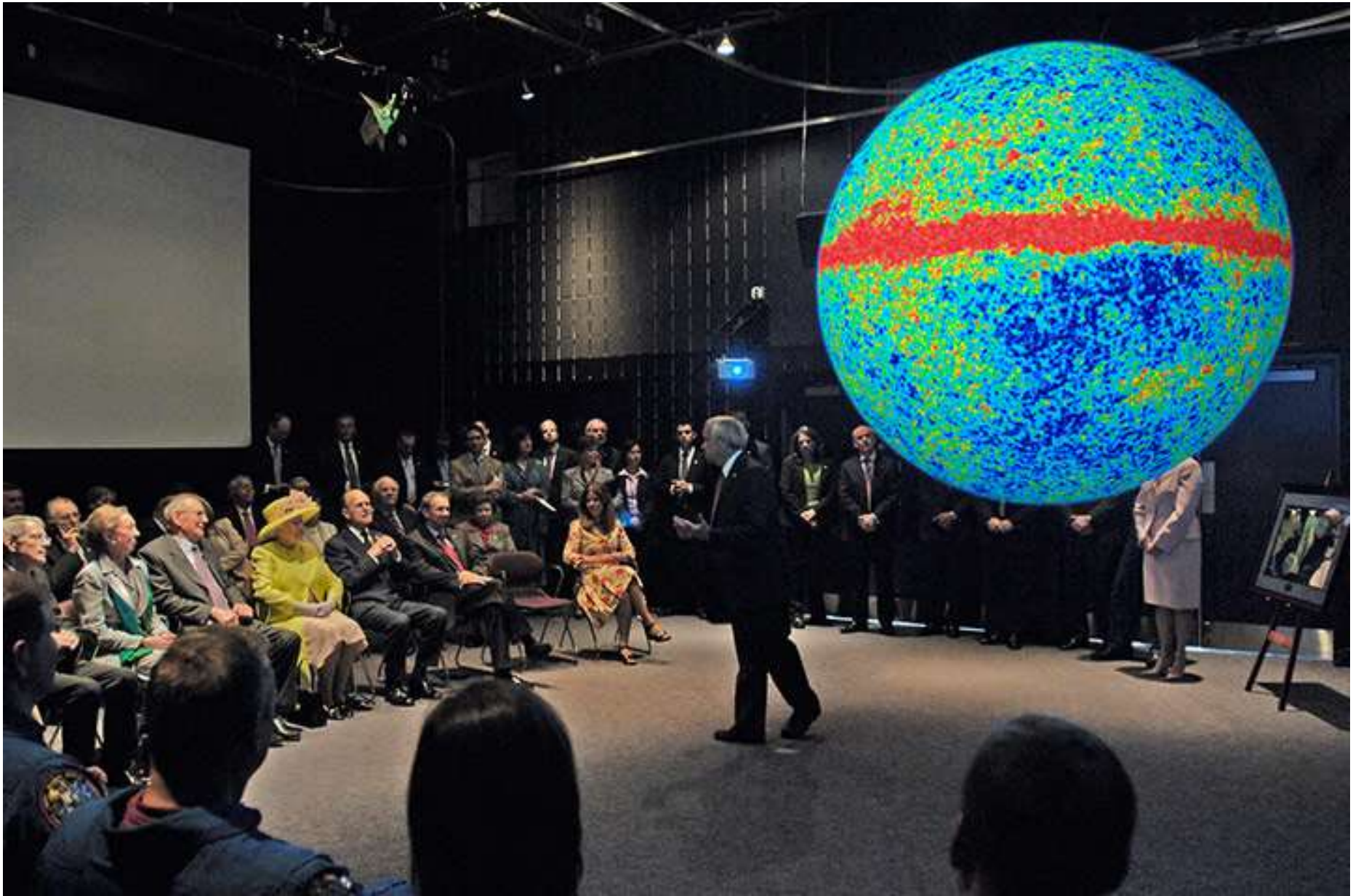
ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΕΞΑΡΧΟΥΣΑ ΘΕΣΗ ‘Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΗ

R>100 Mpc

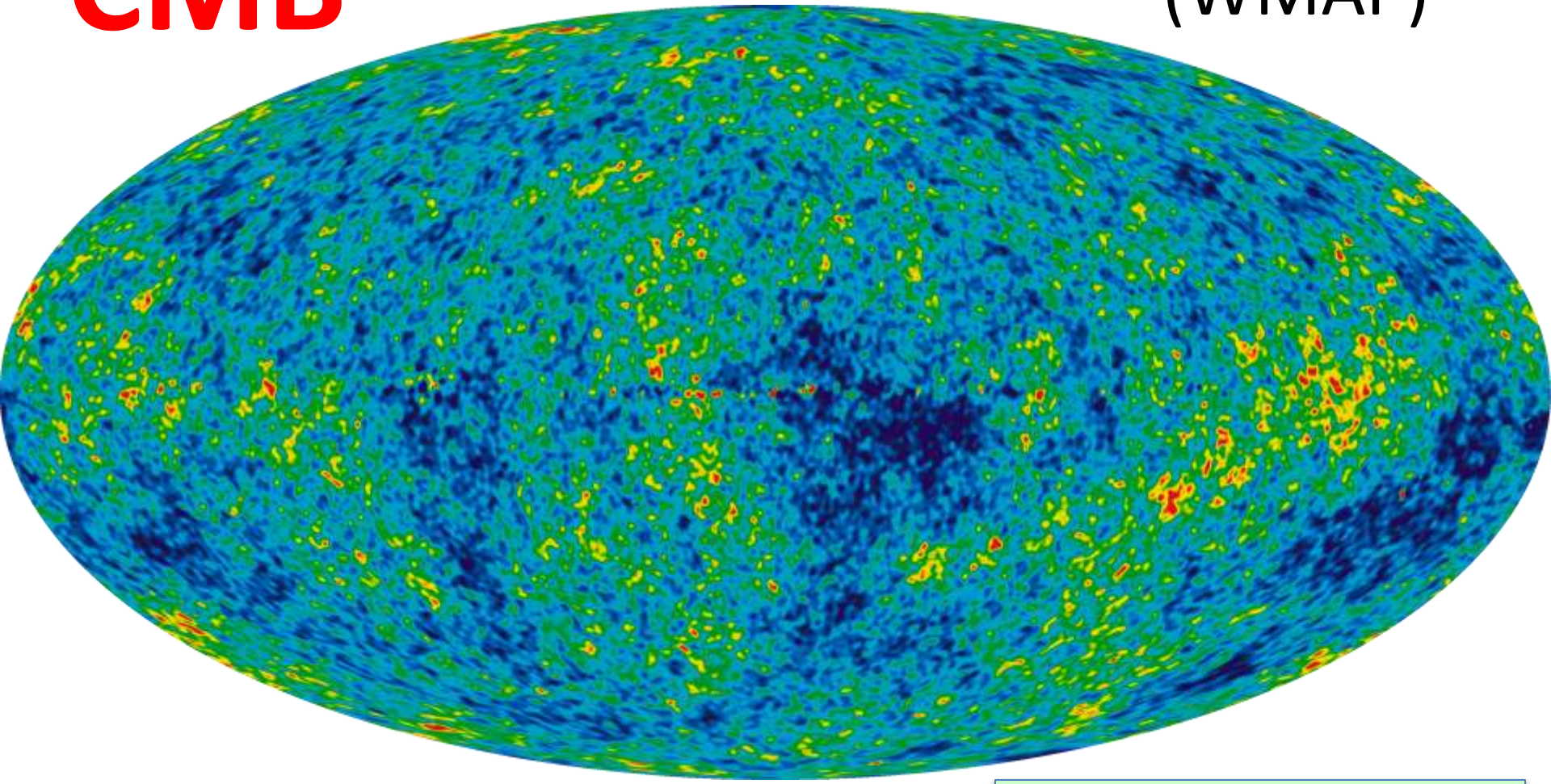


CMB



CMB

(WMAP)

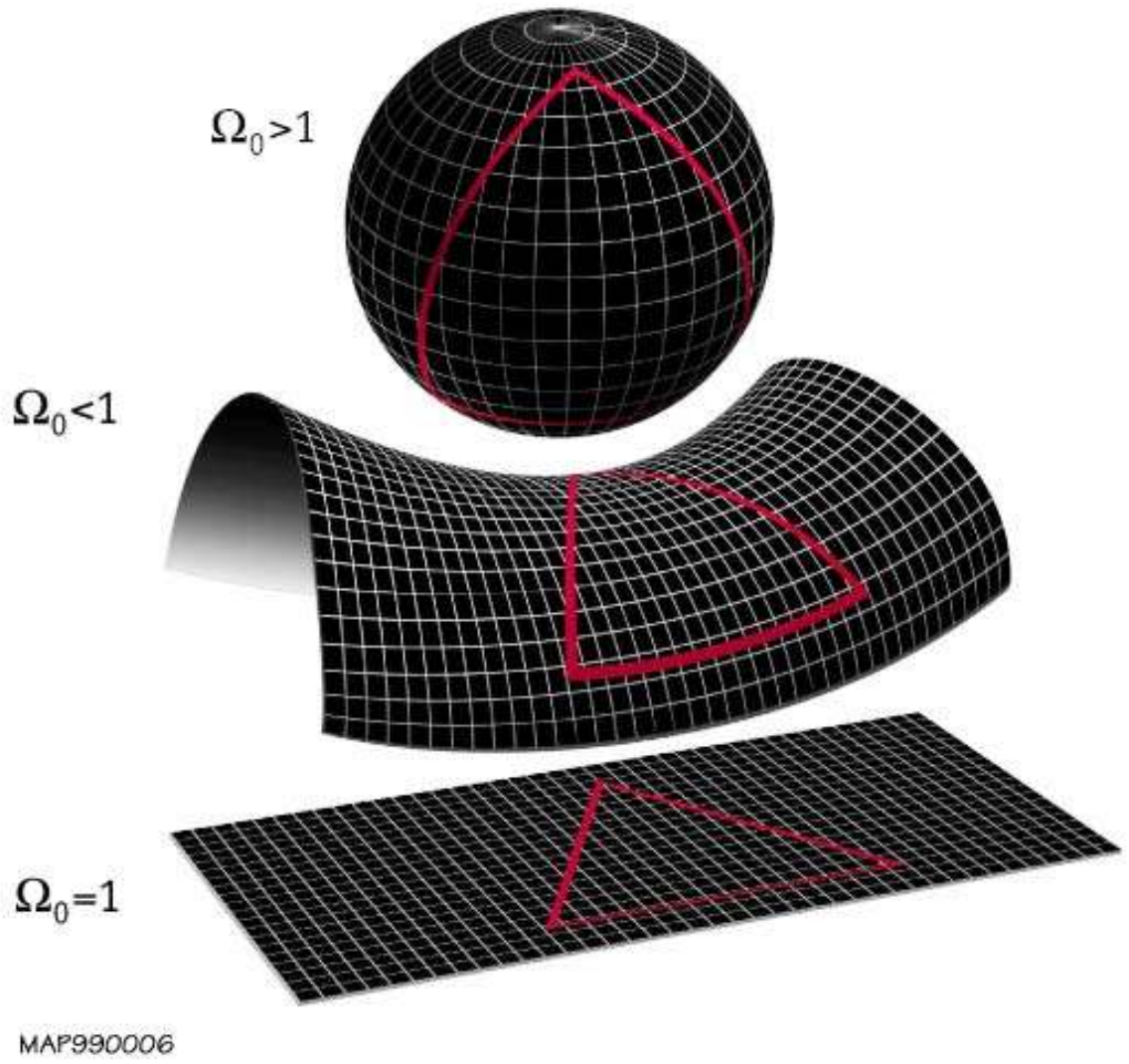


$$T \simeq 2.74^o K$$

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΤΙ ΜΟΡΦΗ ΕΧΕΙ Ο ΧΩΡΟΣ;;

$$\frac{\delta T}{T} \sim 10^{-5}$$

ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΙΣΟΤΡΟΠΟΙ ΧΩΡΟΙ



$k = +1$

ΚΛΕΙΣΤΟ

$k = -1$

ΑΝΟΙΚΤΟ

$k = 0$

ΕΠΙΠΕΔΟ

ΤΟ ΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΕ 3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

2. ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΔΙΑΣΤΕΛΕΤΑΙ

★

OLBERS, EINSTEIN, LEMAITRE (1927), **HUBBLE (1929)**

$$z \equiv \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

DOPPLER

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \simeq \frac{v}{c}$$

$$z_2 > z_1 \leftrightarrow t_2 < t_1$$

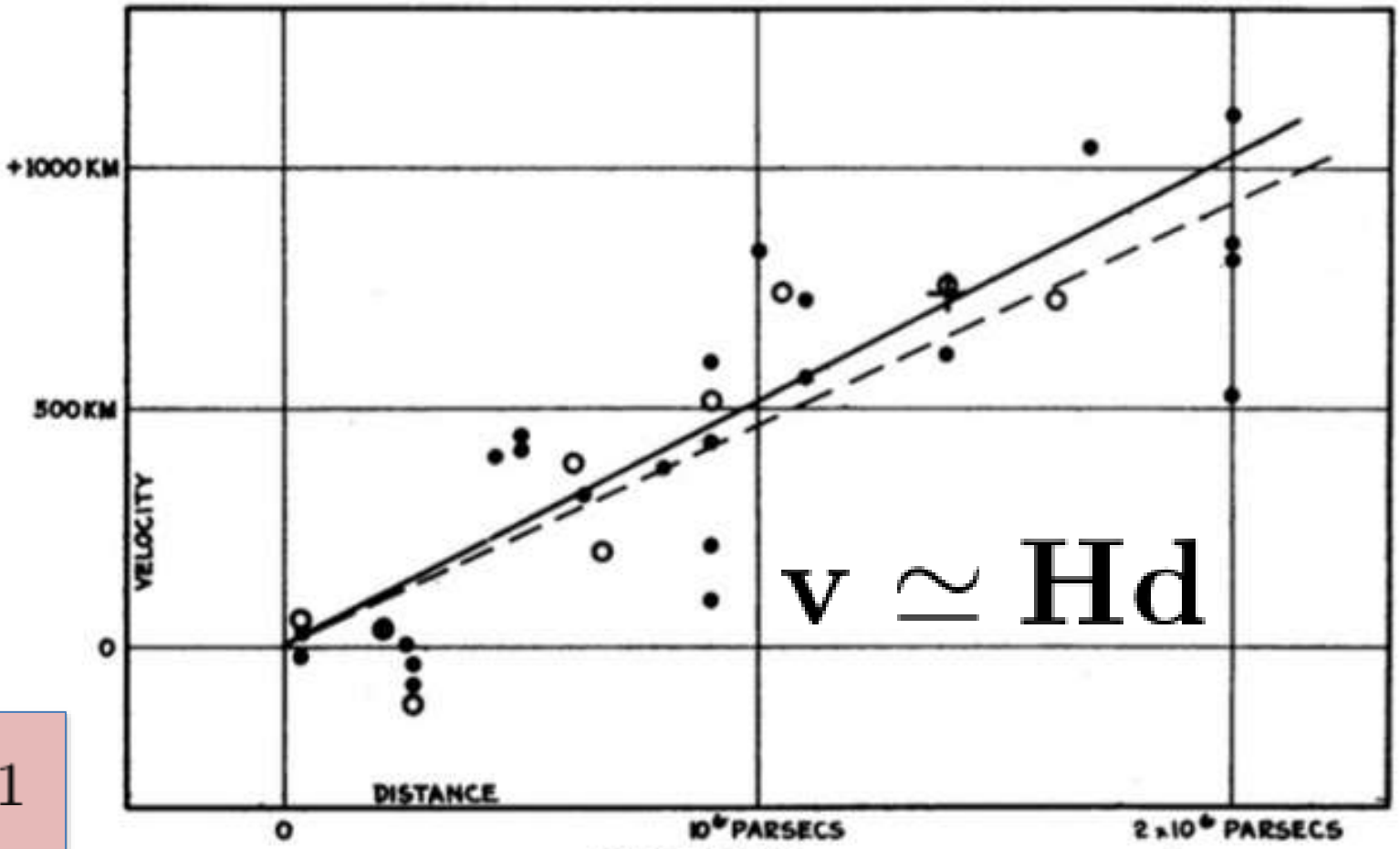
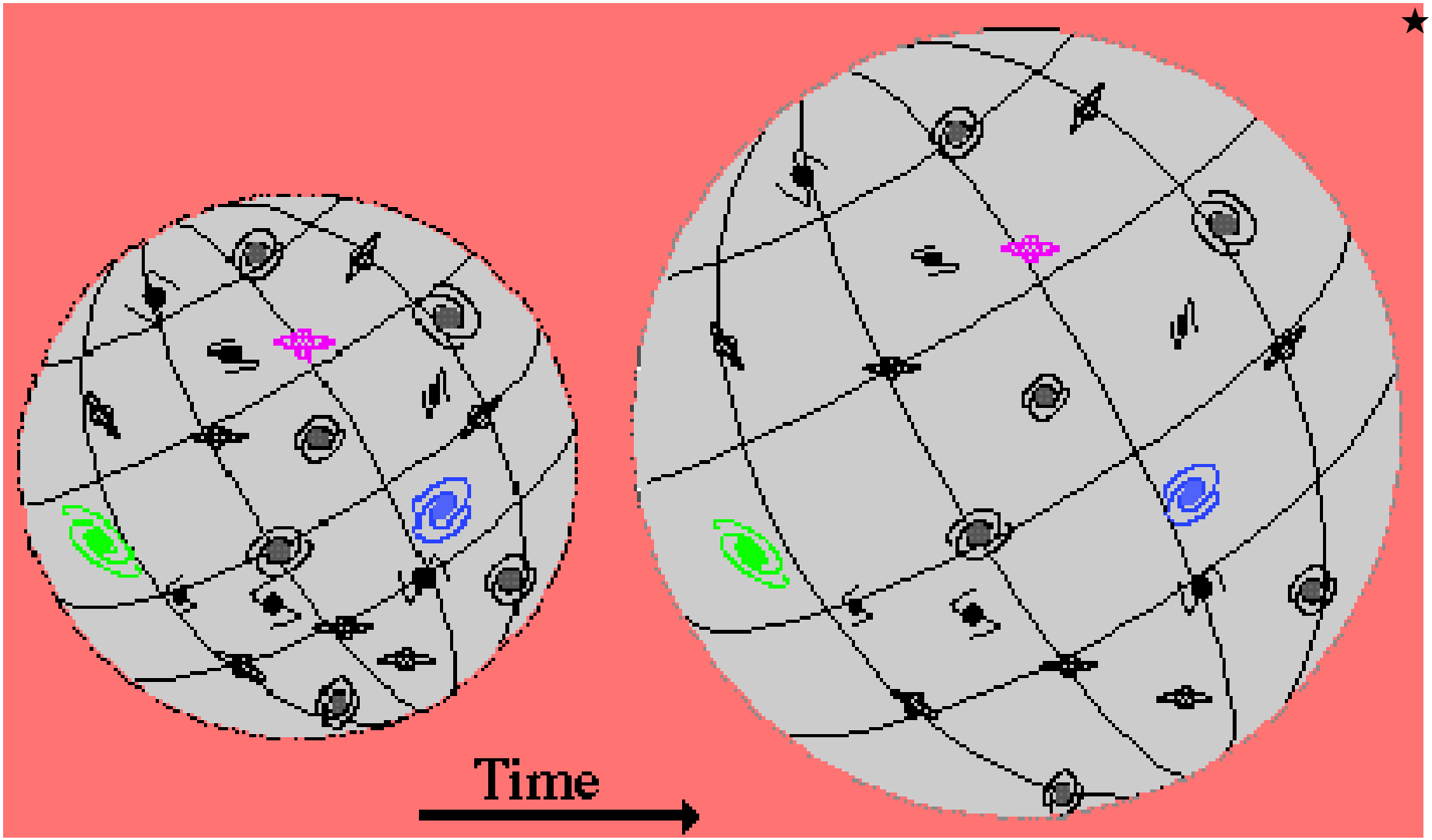


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.



ΕΠΙΣΗΣ: ΣΤΑΦΙΔΟΨΩΜΟ ΣΕ 3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

3. ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΠΕΡΙΕΧΕΙ...

I. ΚΟΣΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (1946 - 1960)

II. ΦΩΤΕΙΝΗ ΥΛΗ (ΑΣΤΕΡΕΣ, ΓΑΛΑΞΙΕΣ, ΣΜΗΝΗ ΓΑΛΑΞΙΩΝ) (≈100.000 π.Χ.)

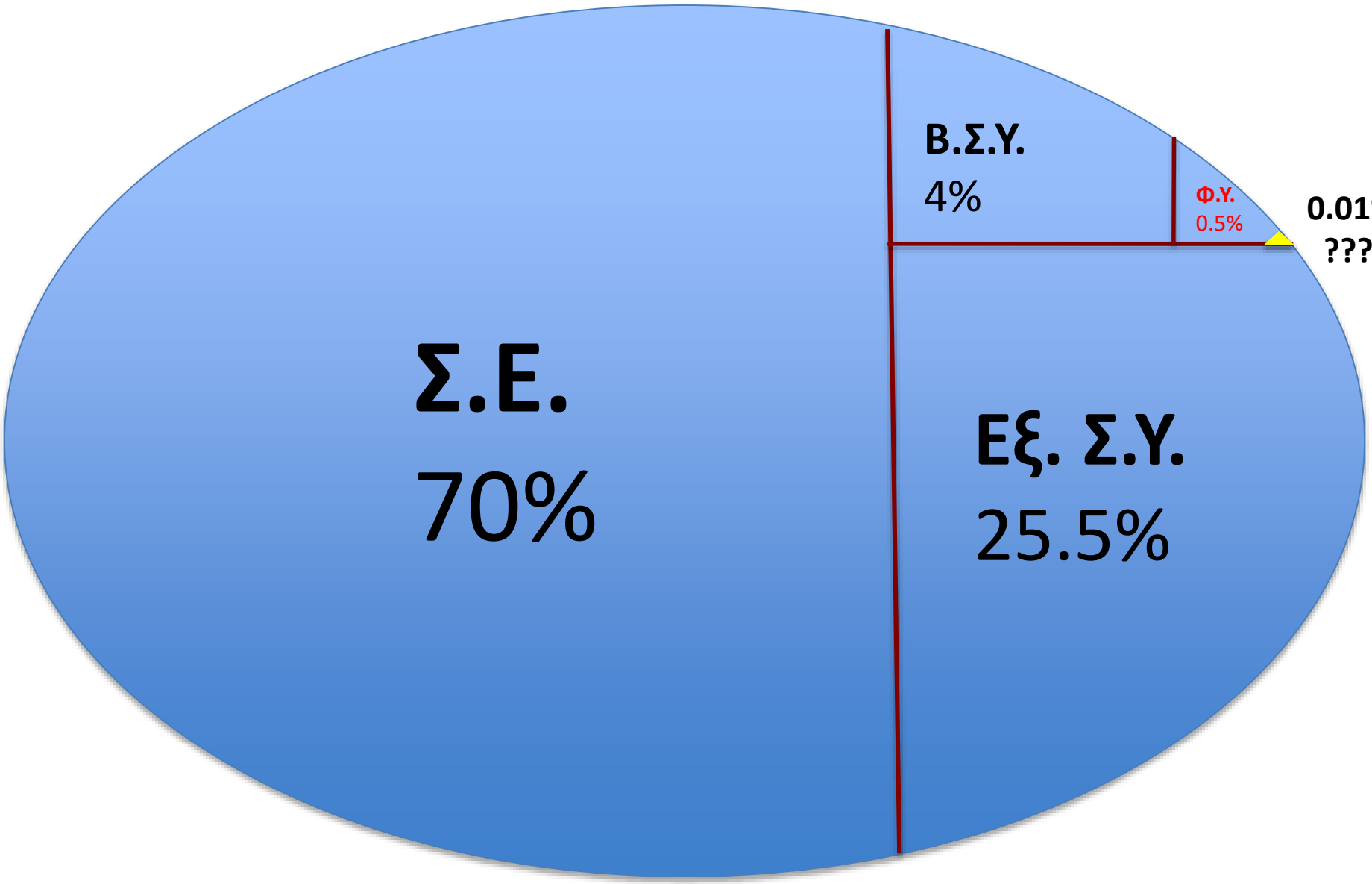
III. ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ (1930)

- ΒΑΡΥΟΝΙΚΗ Σ. Υ.
- ΕΞΩΤΙΚΗ Σ. Υ.

IV. ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (1998)

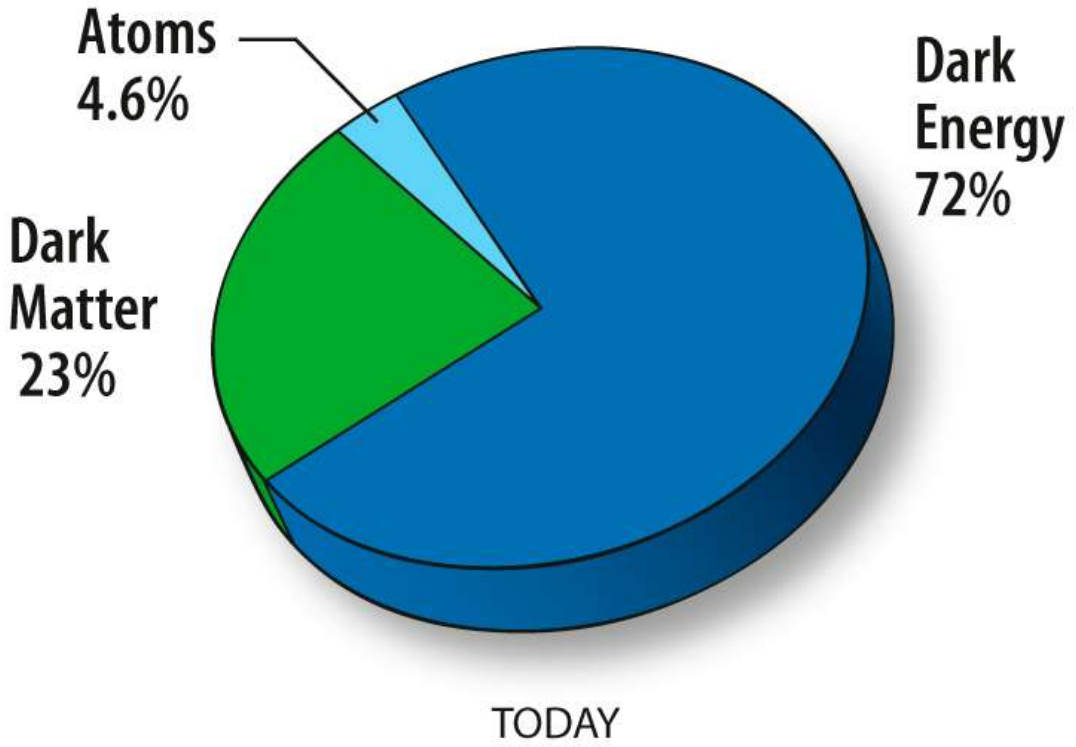
ΟΣΟ ΠΕΡΝΑΝΕ ΤΑ ΧΡΟΝΙΑ.....

ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ



★

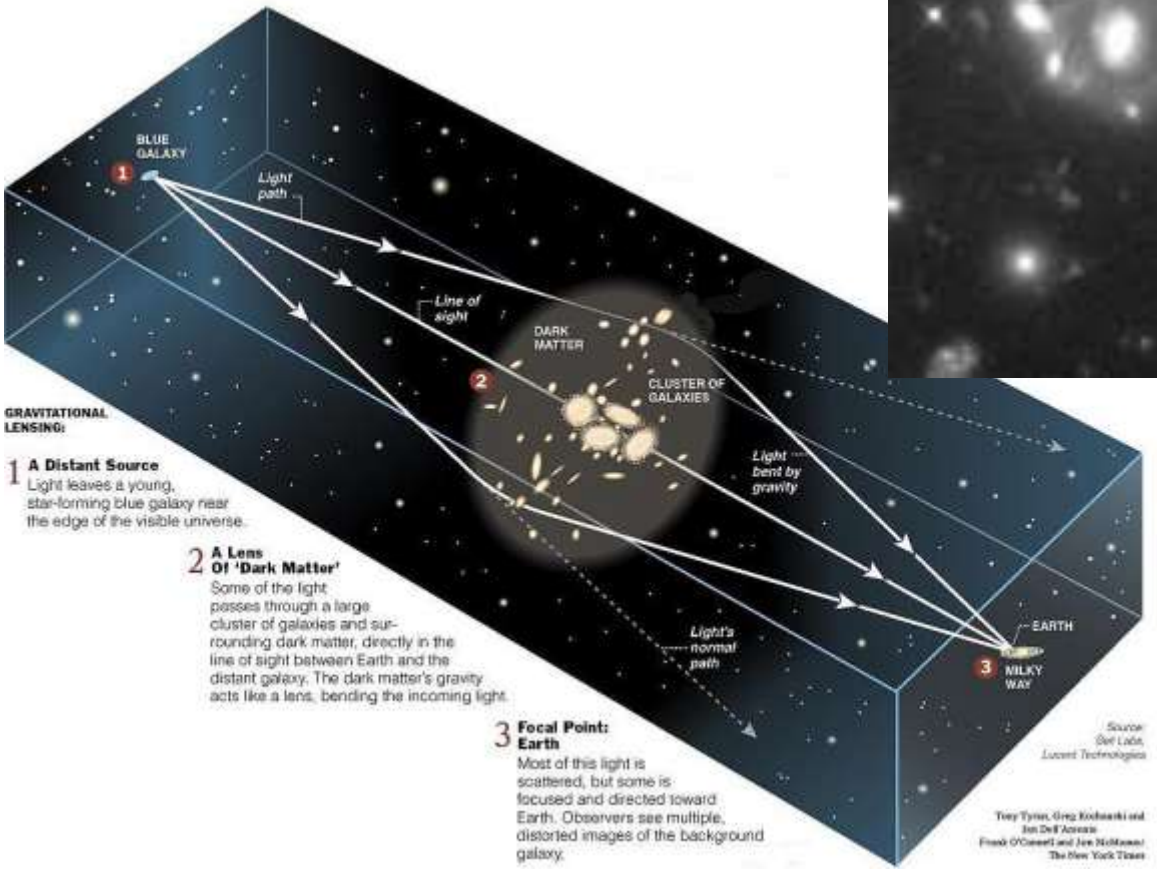
ΣΗΜΕΡΑ



TODAY

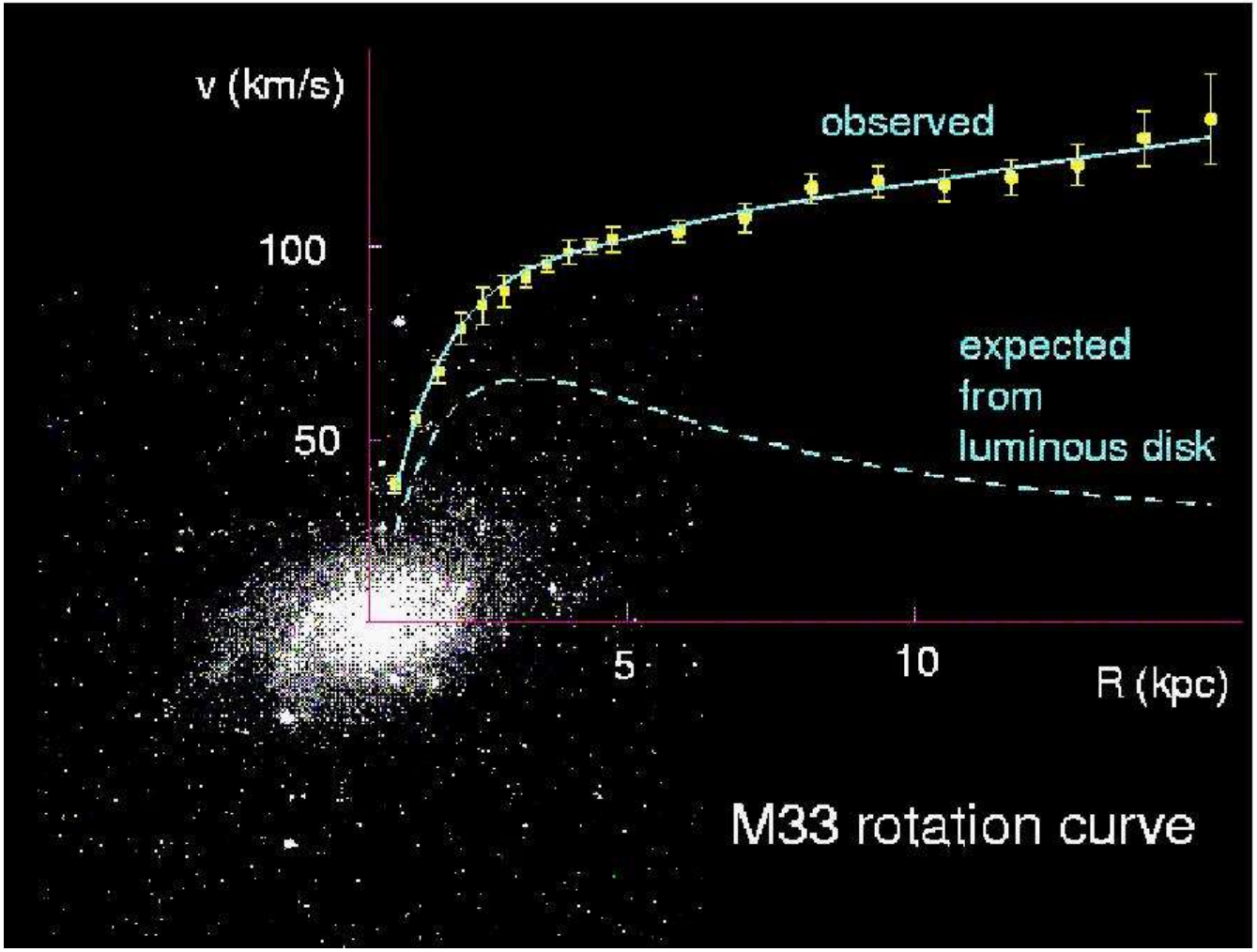
★

ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ Ι

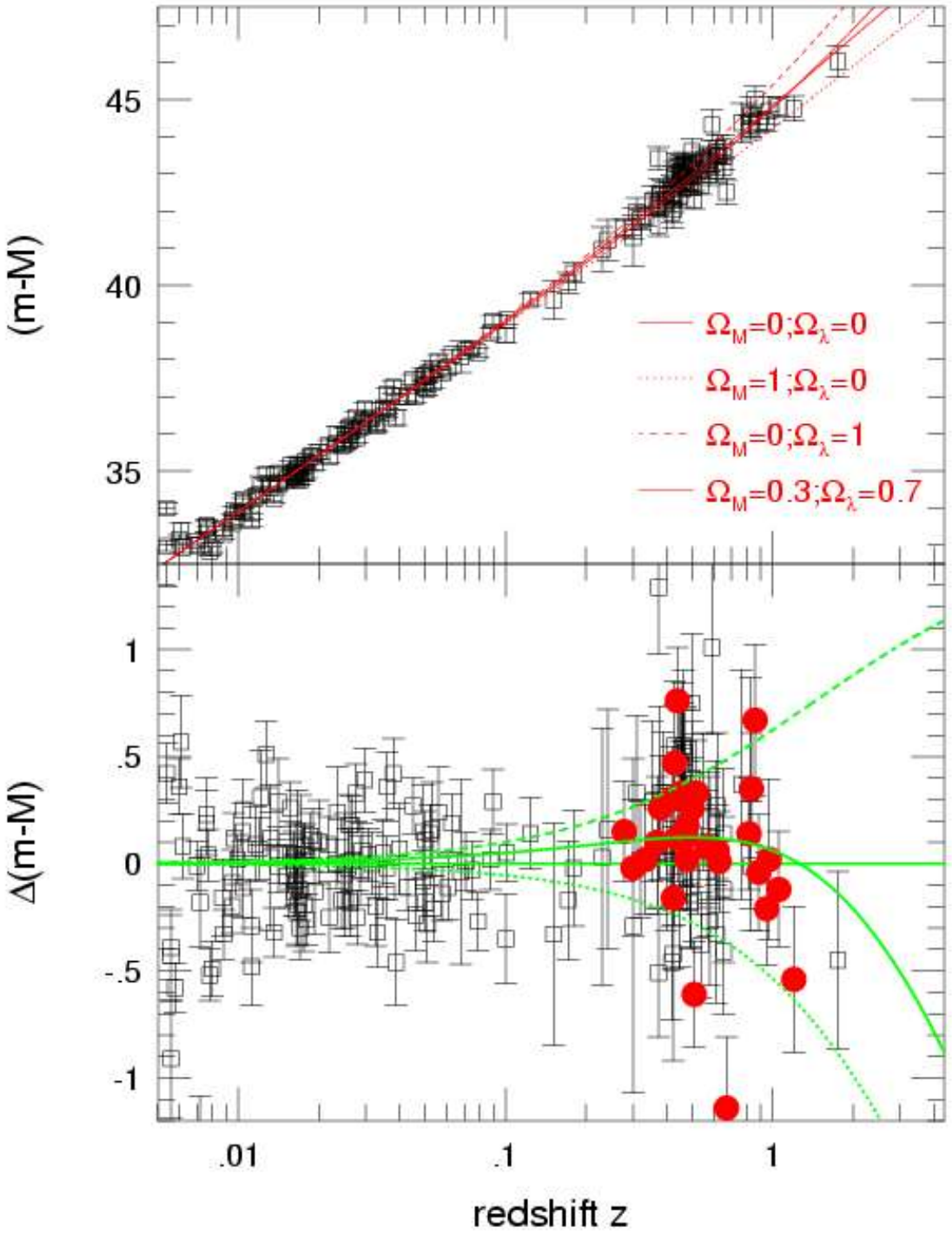


ΒΑΡΥΤΙΚΟΣ ΦΑΚΟΣ

ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ ΙΙ



$$G\frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$



ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ
SUPERNOVA Ia

4. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ **ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΤΟΥ EINSTEIN**

ΣΥΝΔΕΟΥΝ ΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ

$$\{a(t),\ k=0,\pm 1\} \longleftrightarrow \{\varepsilon(t),\ p(t)\}$$

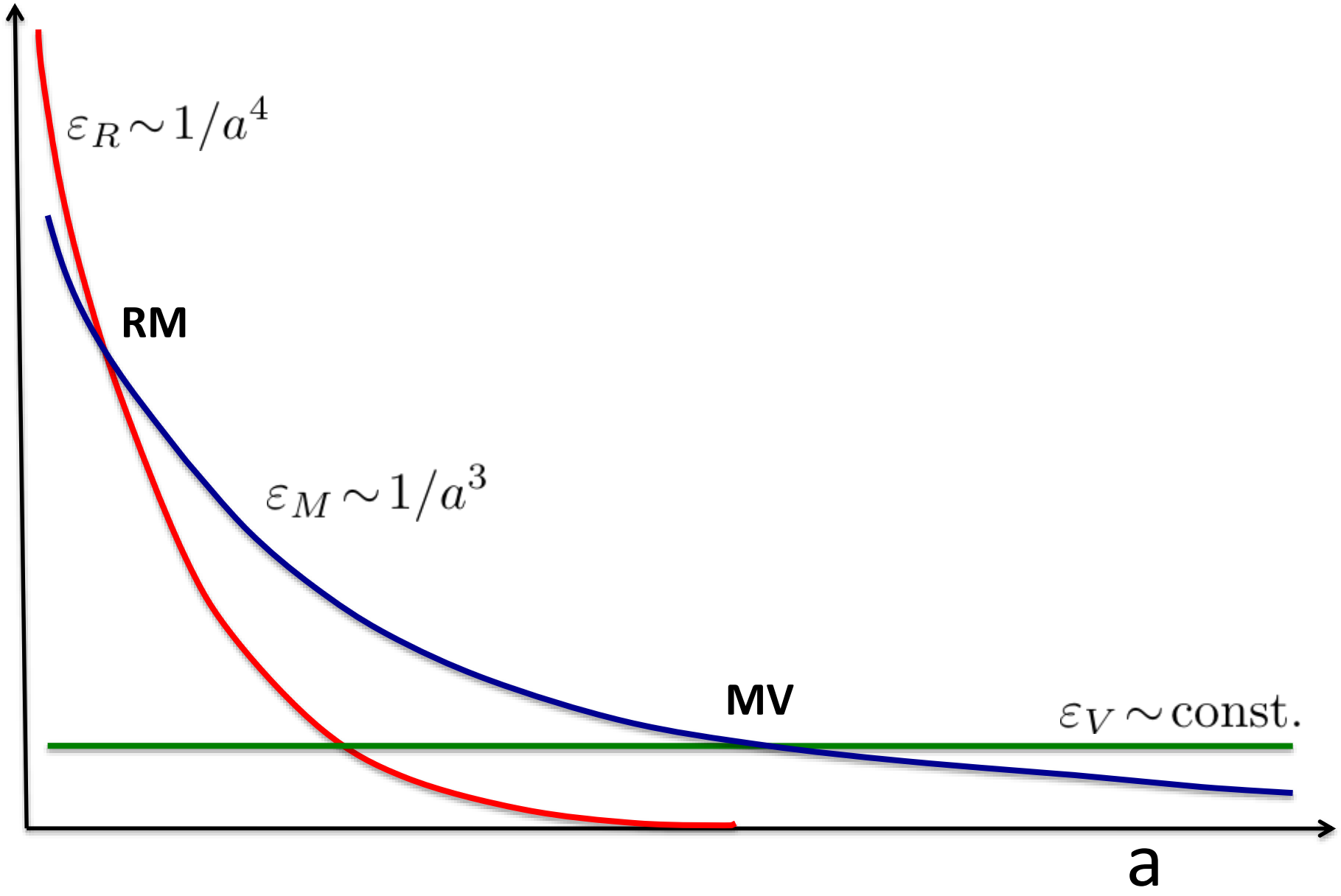
$$\frac{\dot{a}(t)^2}{a^2(t)} + \frac{k\,c^2}{a^2(t)} = \frac{8\pi G}{3\,c^2}\varepsilon(t)$$

$$\frac{d}{dt}(\varepsilon(t)a^3(t)) = -p(t)\frac{da^3(t)}{dt}$$

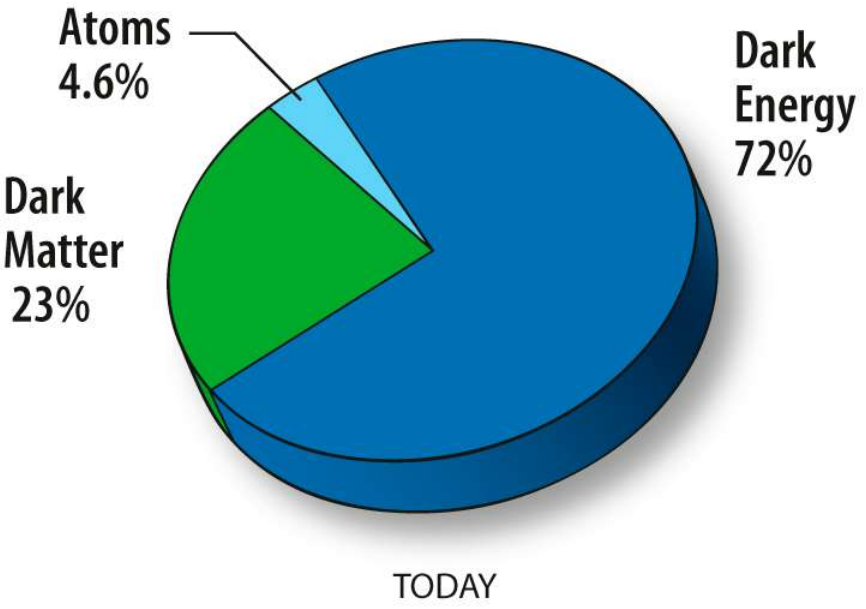
$$p(t) = w\,\varepsilon(t)$$

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ FRIEDMANN

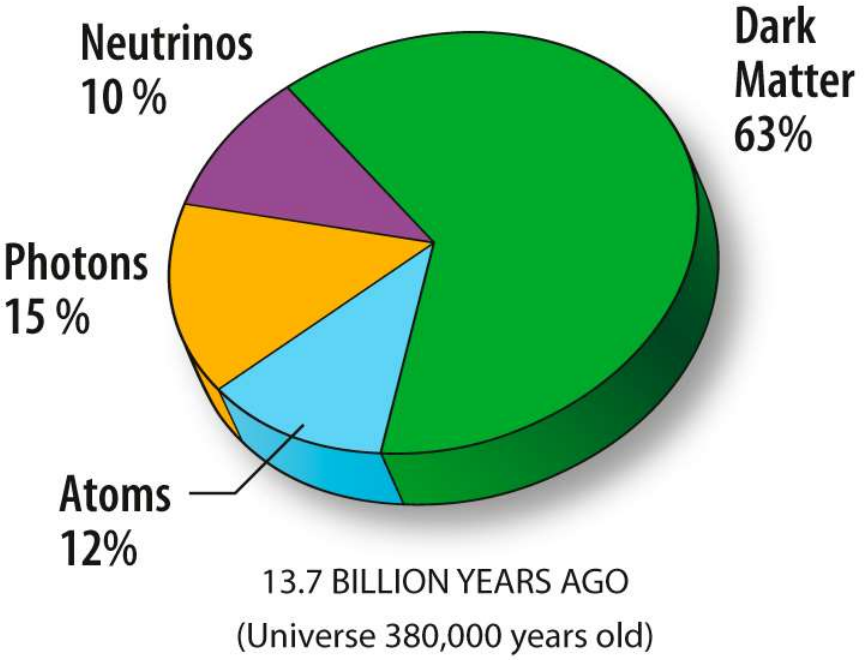
5. «ΚΟΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΤΩΣΗ»



ΣΗΜΕΡΑ



ΠΡΙΝ
13.7 ΔΙΣ. ΧΡΟΝΙΑ



6. ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΥΘΡΟΠΗΣΗ

EINSTEIN

$$\frac{\lambda(t_0)}{\lambda(t_{\rm em})} = \frac{a(t_0)}{a(t_{\rm em})}$$

ΤΑ ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ ΤΩΝ...ΦΩΤΟΝΙΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

$$\frac{\lambda(t_2)}{\lambda(t_1)} = \frac{T(t_1)}{T(t_2)} = \frac{a(t_2)}{a(t_1)}$$

(ΝΟΜΟΣ WIEN)

$$T \sim \frac{1}{a}$$

ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΨΥΧΕΤΑΙ ΚΑΘΩΣ ΔΙΑΣΤΕΛΛΕΤΑΙ....

ΑΡΑ, ΟΣΟ ΠΑΜΕ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ
ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΜΙΚΡΑΙΝΕΙ,
ΘΕΡΜΑΙΝΕΤΑΙ,
ΑΛΛΑΖΕΙ ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ,
ΑΛΛΑΖΕΙ ΡΥΘΜΟ ΣΥΣΤΟΛΗΣ.....

$$a \to 0 \longleftrightarrow T \to \infty \longleftrightarrow \bar{E} \to \infty$$

Ο ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ..... ΜΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ

Ο ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟΣ

7. Το STANDARD MODEL – Το HIGGS

Βαρυτική δύναμη

Ηλεκτρομαγνητική

Πυρηνική δύναμη
- Ασθενής
- Ισχυρή

??

Το STANDARD MODEL (`70)

★

Gell-Mann, Zweig
Glashow, Salam, Weinberg
Ηλιόπουλος, Maiani

1. ΣΩΜΑΤΙΑ ΥΛΗΣ

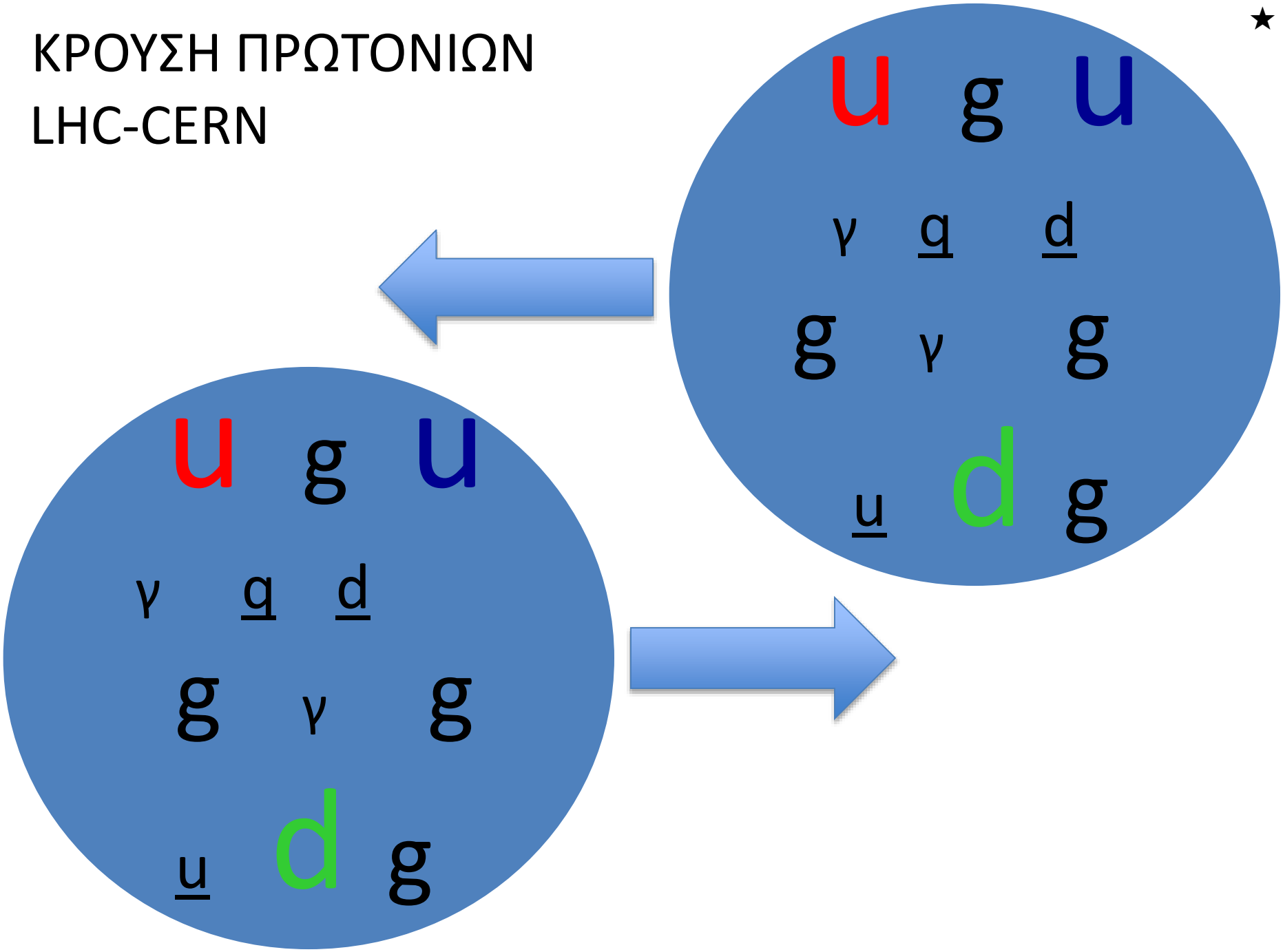
Λεπτόνια	ν_e	ν_μ	ν_τ
	e	μ	τ
Quarks	u u u	c c c	t t t
	d d d	s s s	b b b

+ Αντισωμάτια : αντίθετο φορτίο, χρώμα

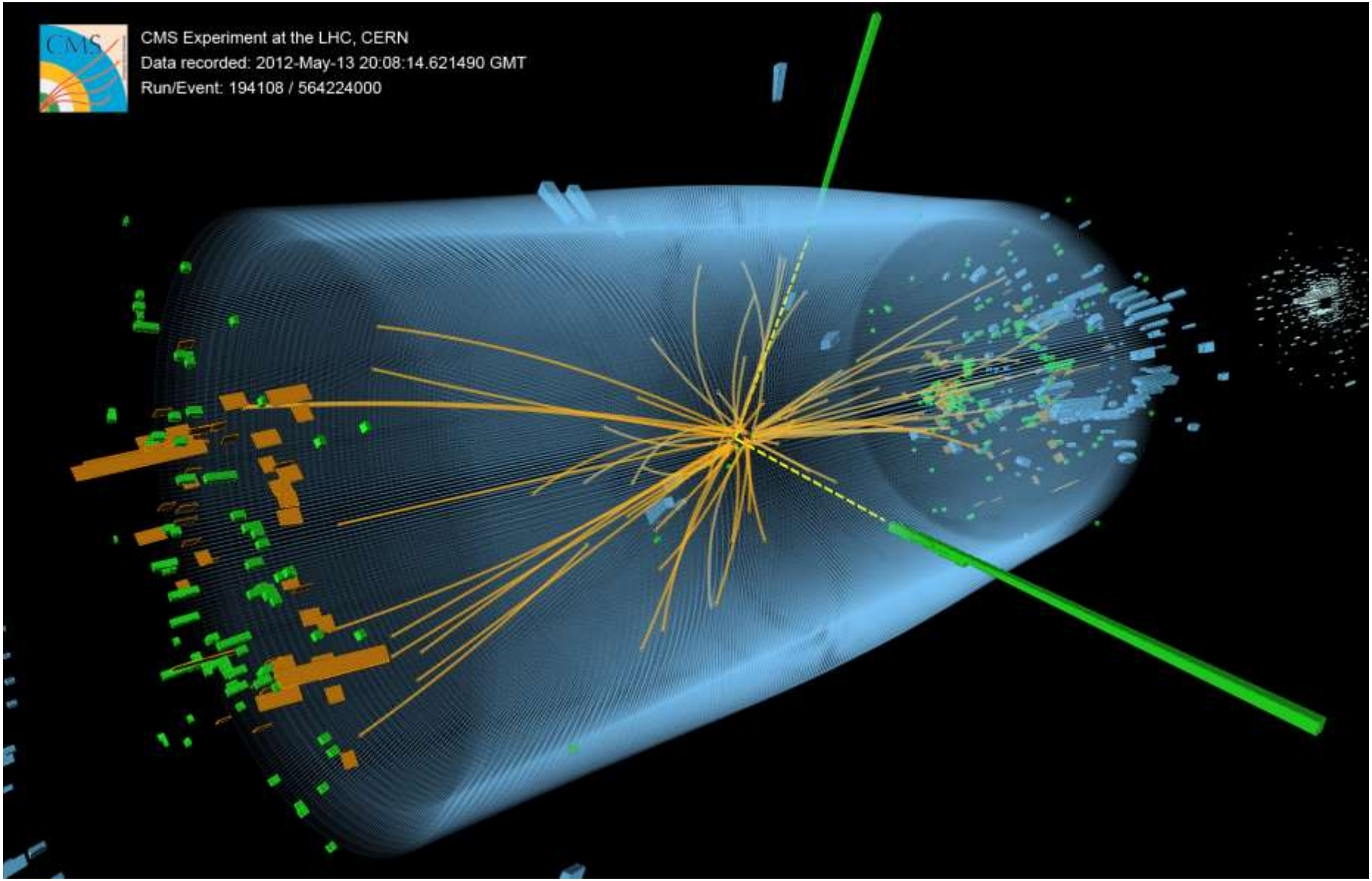
2. ΣΩΜΑΤΙΑ ΦΟΡΕΙΣ

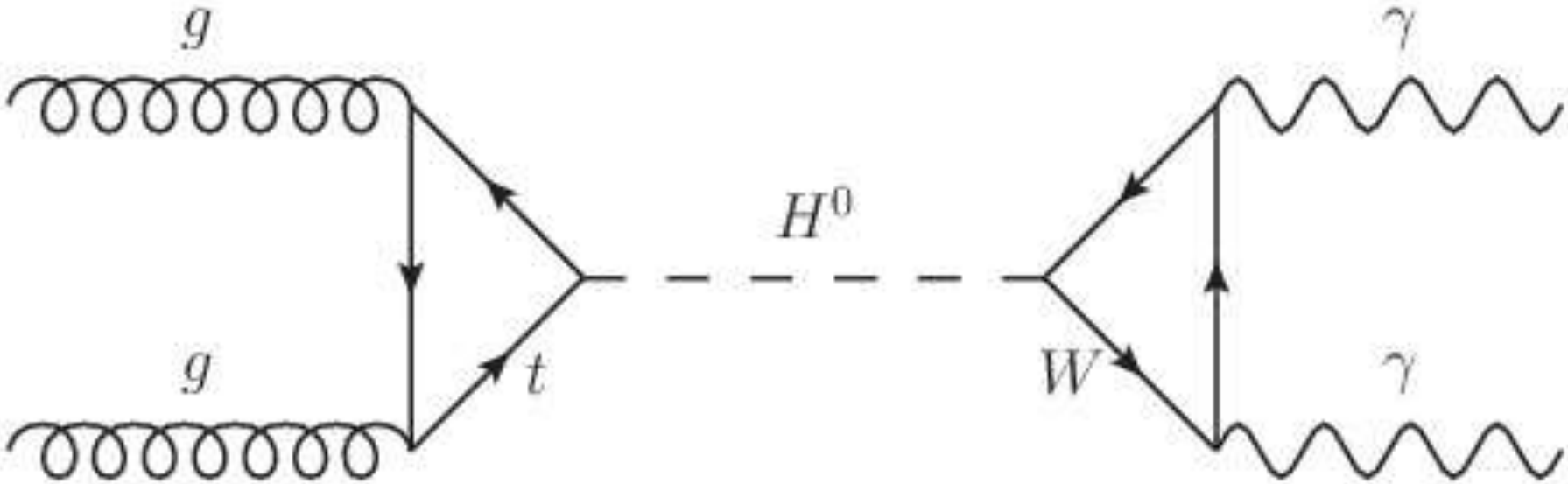
ισχυρή	GG GB GR BG BB BR RG RB RR GG+BB+RR=0	8 gluons
ηλεκτρασθενής	γ W^+ W^- Z^0 H^0	φωτόνιο
βαρυτική	Higgs	βαρυτόνιο

ΚΡΟΥΣΗ ΠΡΩΤΟΝΙΩΝ
LHC-CERN



$$g + g \rightarrow H^0 \rightarrow \gamma + \gamma$$



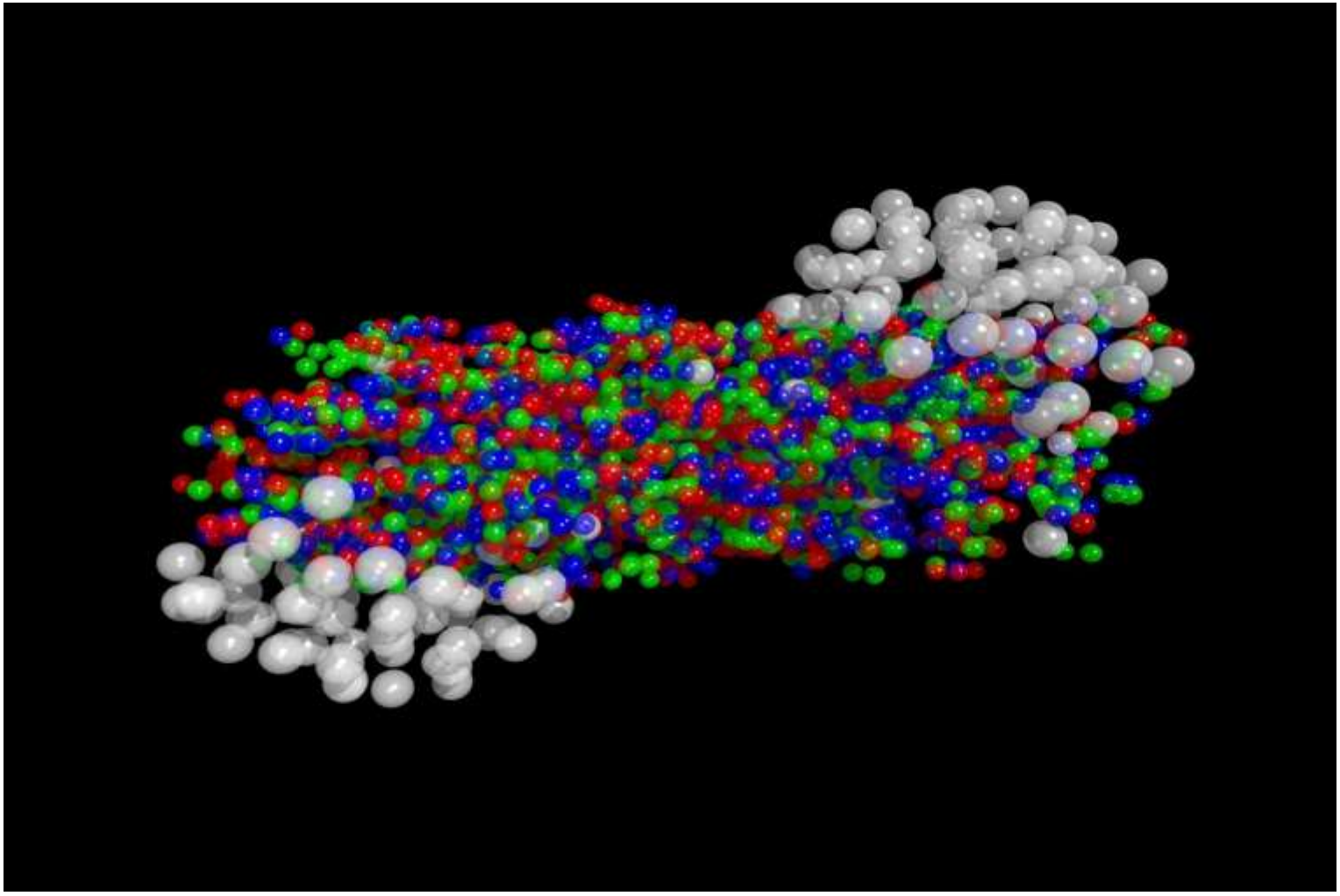

g
g
t
H^0
W
γ
γ

«ΑΛΛΑΓΗ ΦΑΣΗΣ» ΤΗΣ ΙΣΧΥΡΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ★

$$T \sim 200 MeV \sim 2 \times 10^{12}\,{}^{0}K$$

ΠΕΙΡΑΜΑ ALICE
(LHC – CERN)

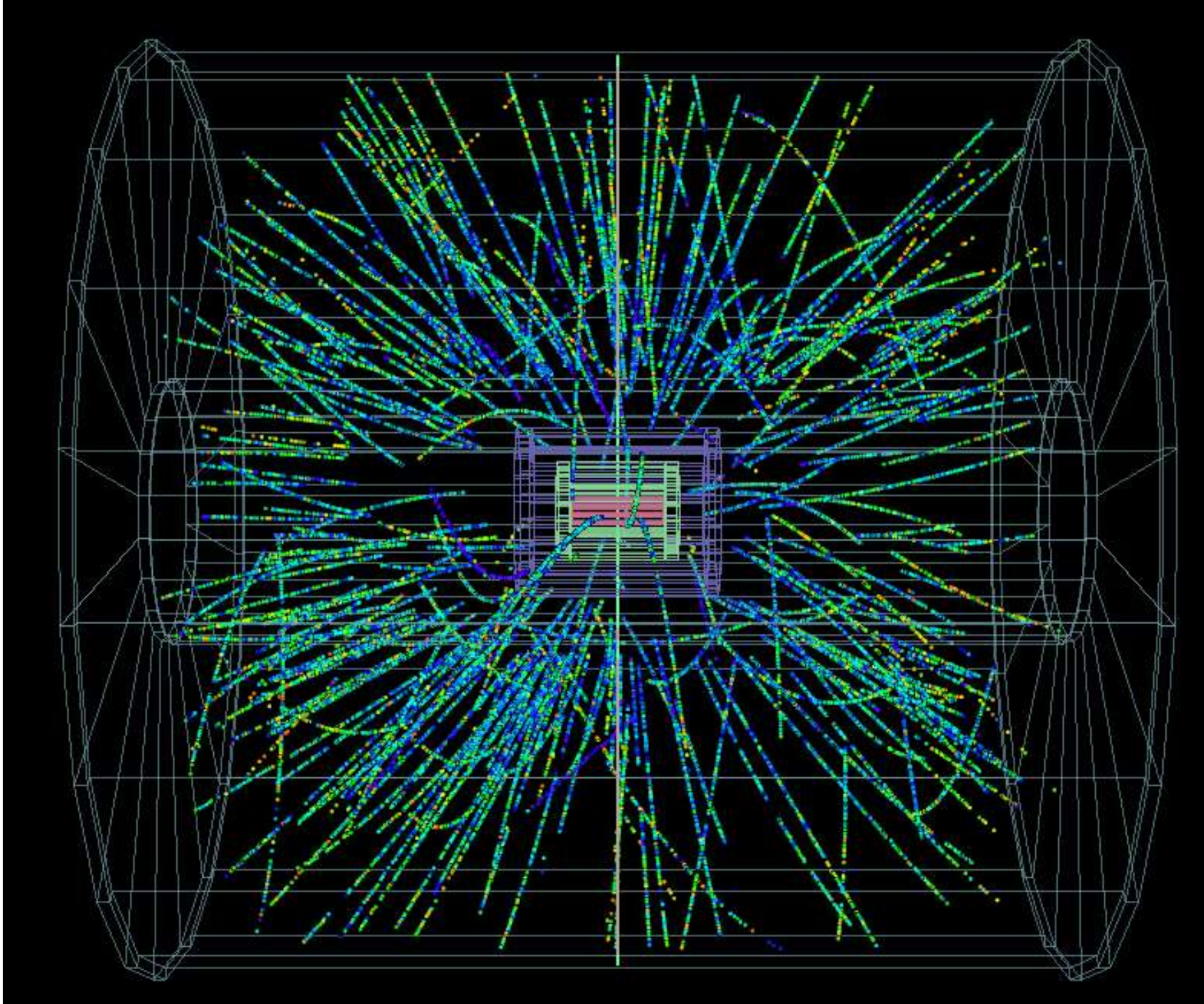
HEAVY-ION
COLLISIONS

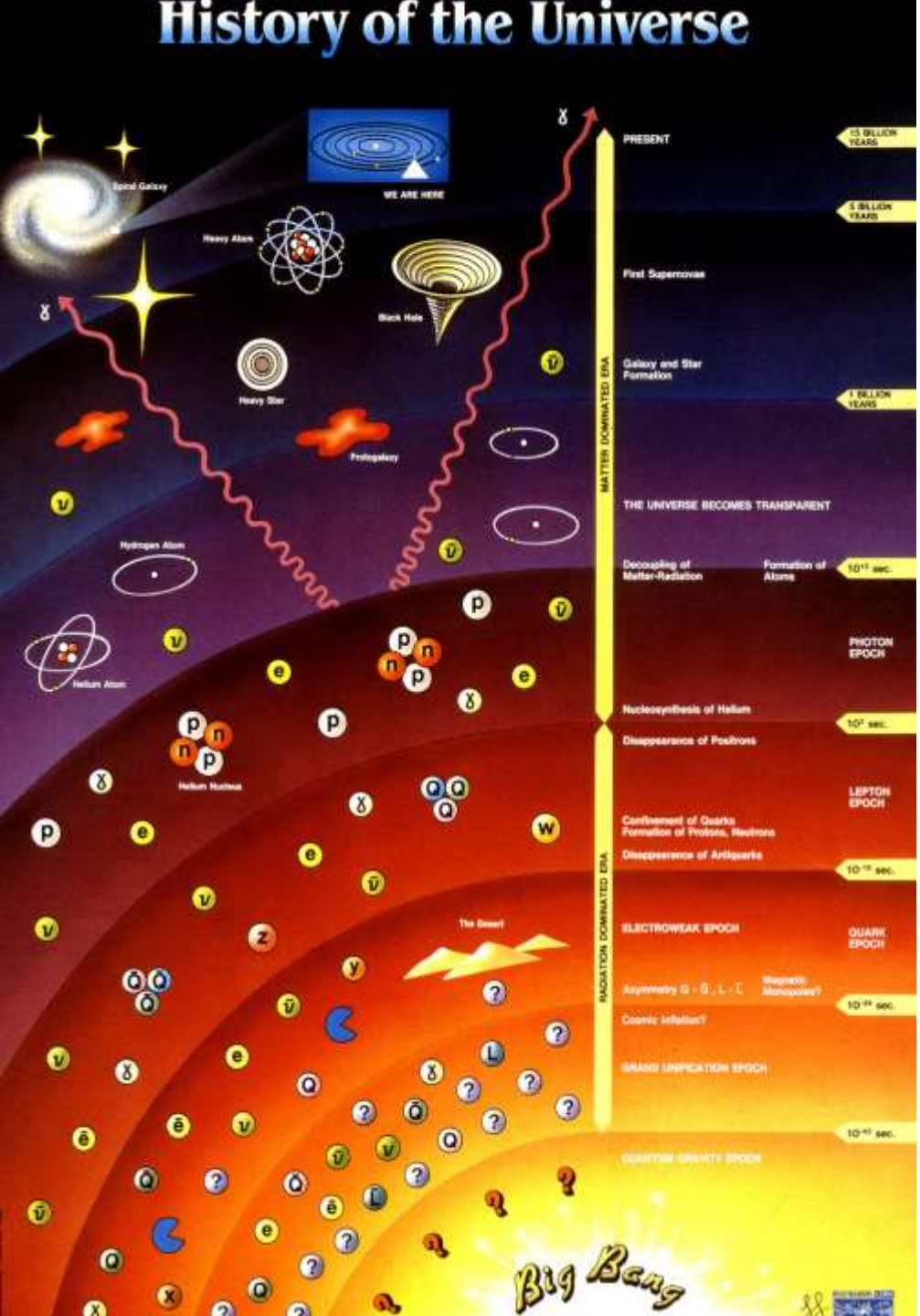


★ ALICE

Pb+Pb

2010





8. ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΤΡΙΑ ΛΕΠΤΑ …

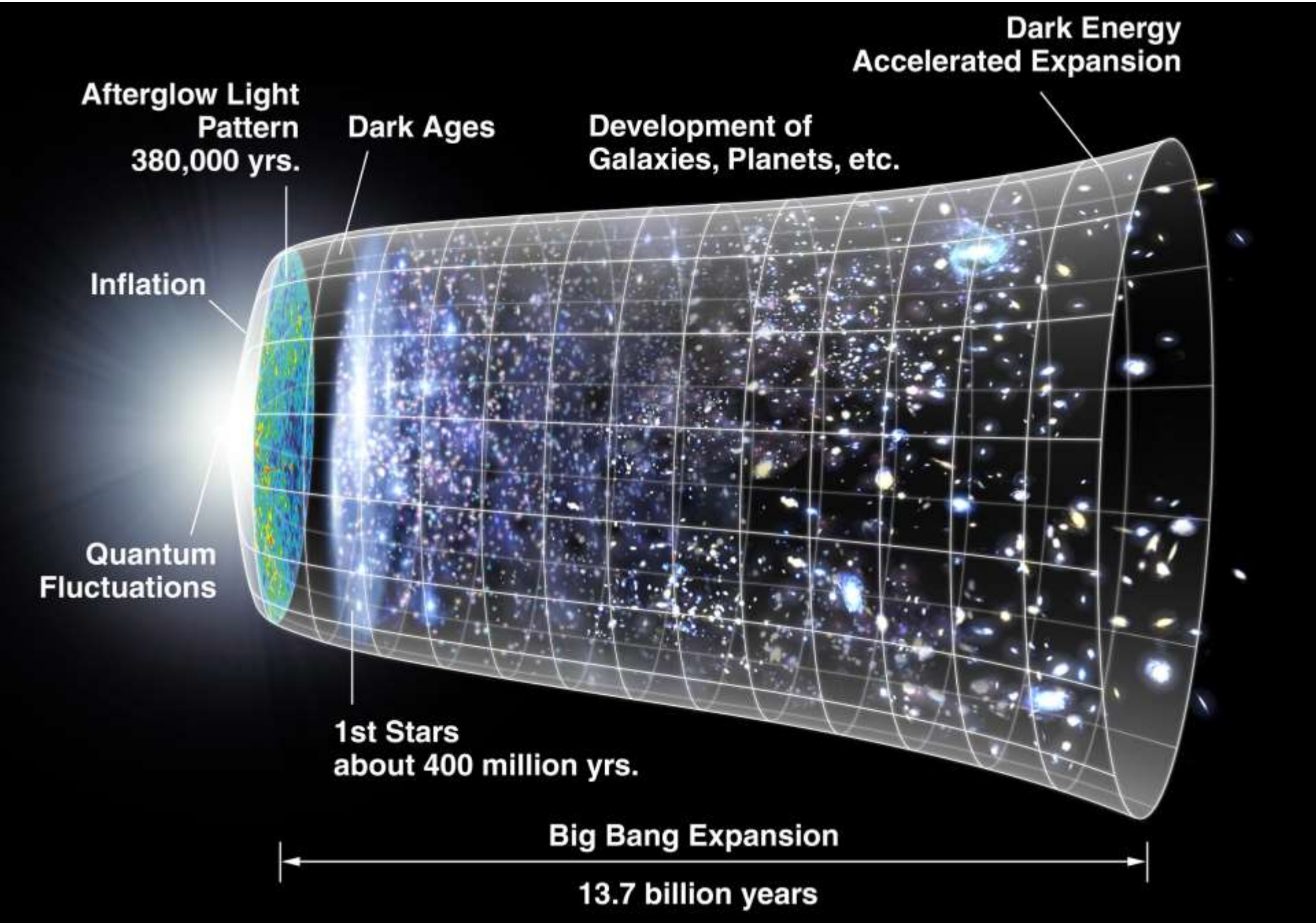
$t > 10^{-20}$ sec

Standard Model

Υπερενοποιημένες θεωρίες ?
Πληθωριστικό Σύμπαν ?

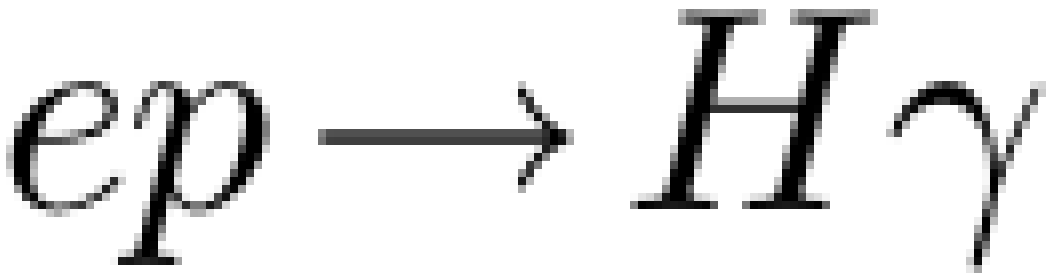
Κβαντική βαρύτητα ???

9. ΤΟ ΠΛΗΘΩΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΜΠΑΝ

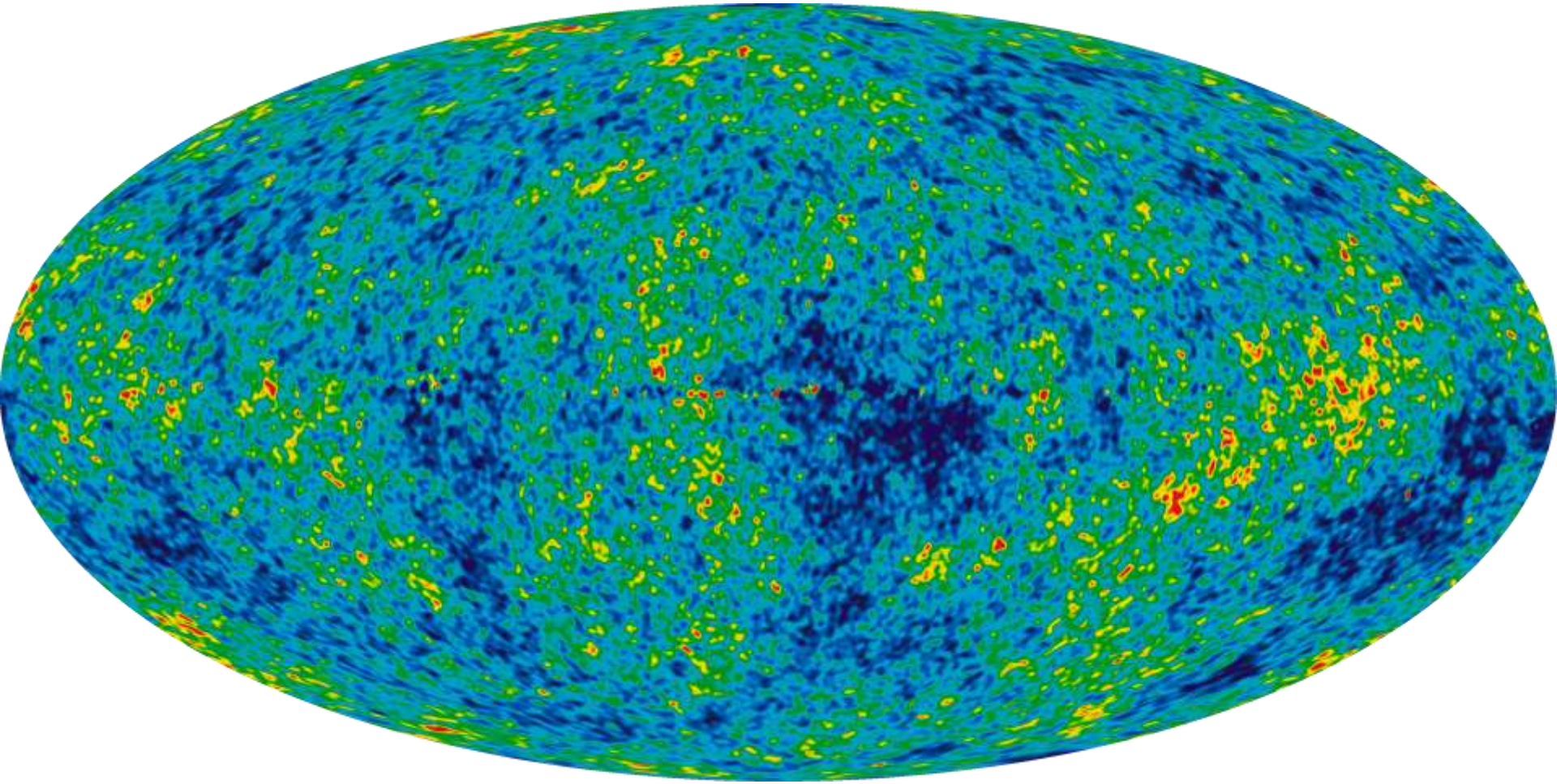


ΜΕΓΑΛΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:

T=3000 K (380.000 years !! a=1/1200).



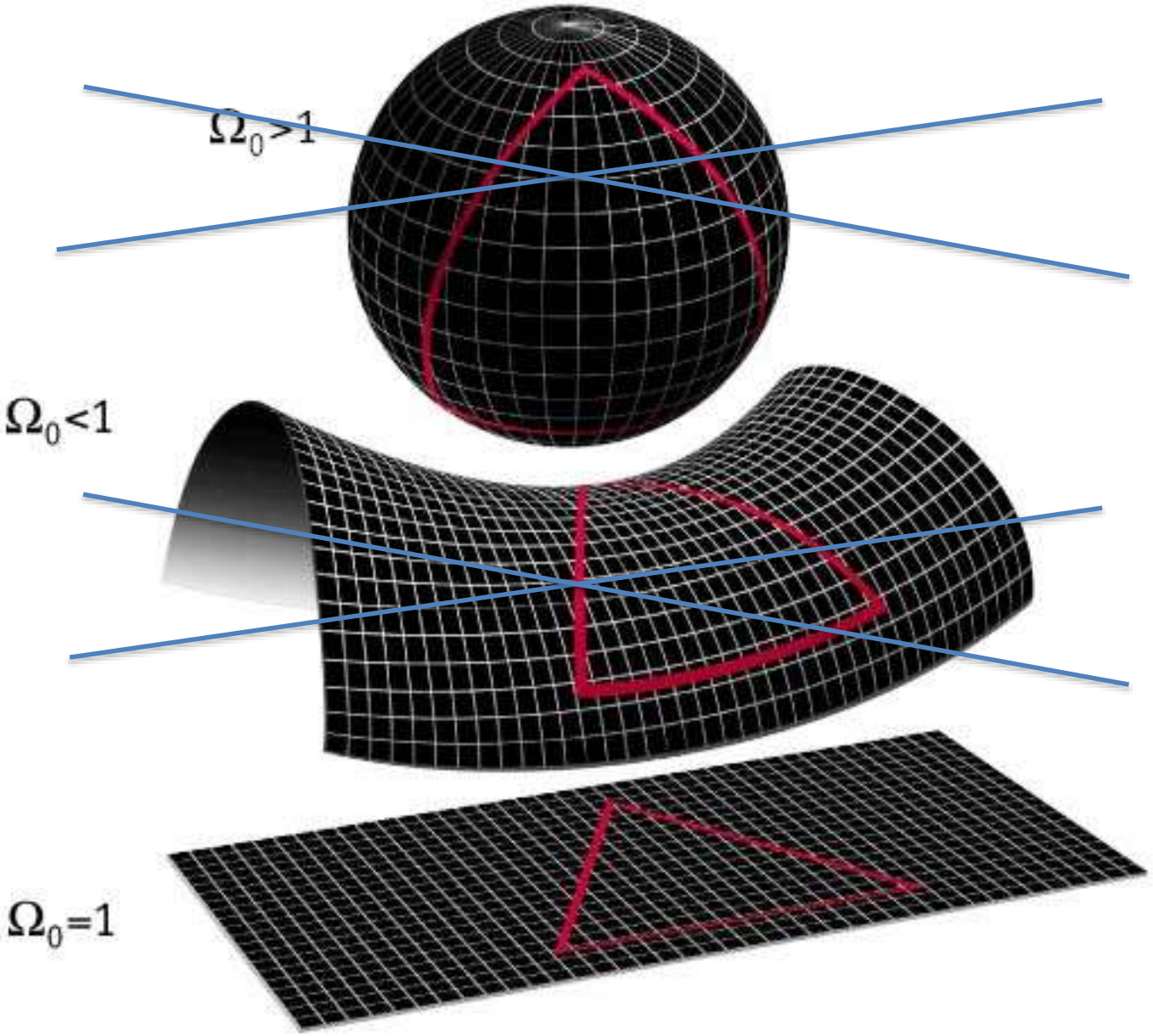
ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΚΑΙ……



Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ….

ΚΒΑΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ $t \sim 10^{-35} sec$

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ = (ΧΡΟΝΟΣ) Χ (ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ)


$\Omega_0>1$
$\Omega_0<1$
$\Omega_0=1$
MAP990006

10. ΒΑΣΙΚΑ ΑΝΟΙΚΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

1. ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2. ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΥΛΗ

3. ΜΑΖΕΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

4. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΩΡΟΧΡΟΝΟΥ

5. ΚΟΣΜΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

6. ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

ΙΔΟΥ.....ΜΕΛΛΟΝ ΛΑΜΠΡΟΝ ΓΙΑ ΝΕΕΣ/ΟΥΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΕΣ