

Πέρα από το Καθιερωμένο Πρότυπο

Ασημίνα Αρβανιτάκη

Stanford University

Μινιμαλισμός



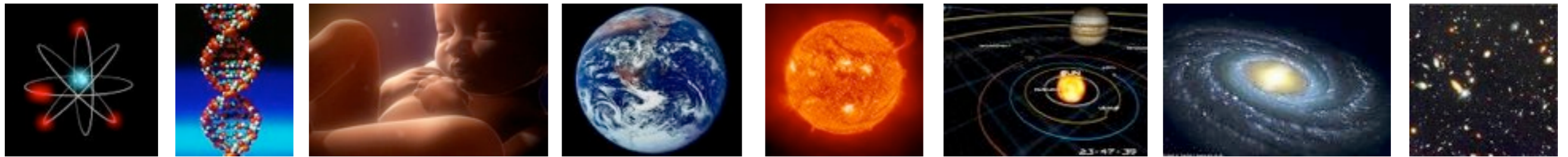
William of Ockham

“entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem”

τίποτα δεν πρέπει να πολλαπλασιάζεται πέρα από το αναγκαίο

Η ισχύς του Καθιερωμένου Προτύπου

Η ισχύς του Καθιερωμένου Προτύπου



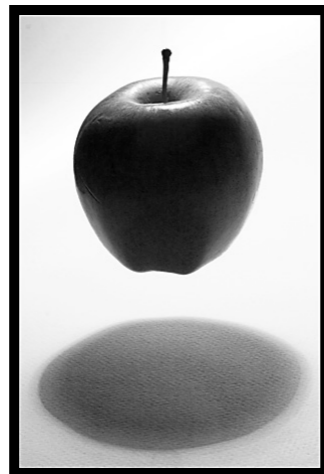
← Πυρήνας

Σύμπαν

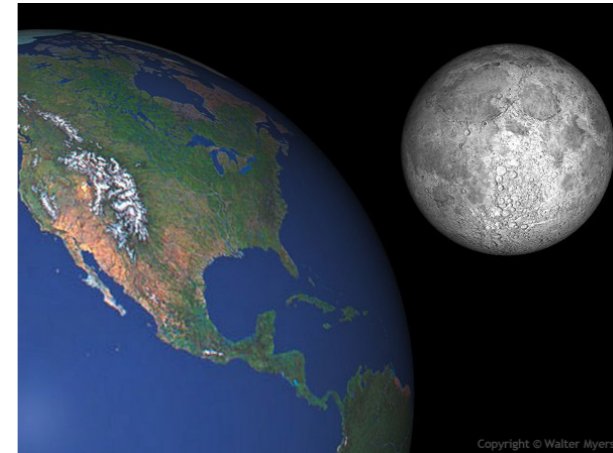
Ενοποίηση

Ενοποίηση

Newton (1680's)



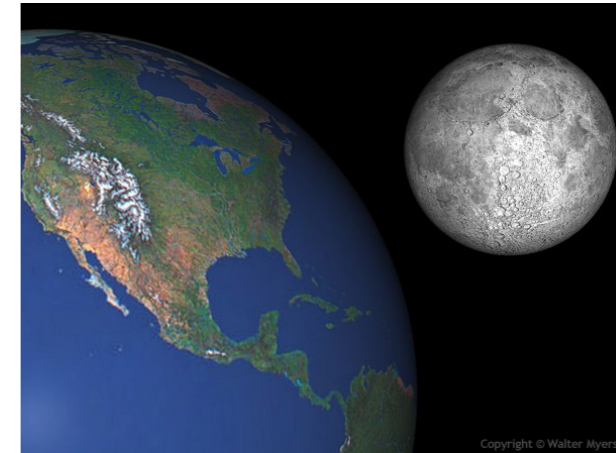
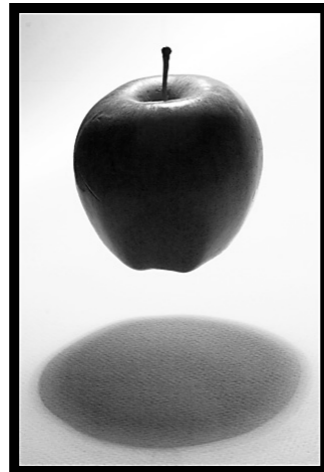
Γήινα
φαινόμενα



Ουράνια
φαινόμενα

Ενοποίηση

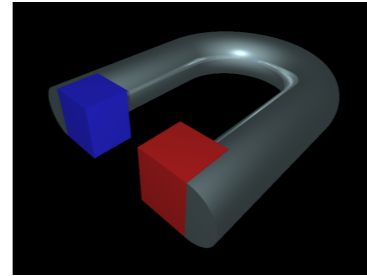
Newton (1680's)



Βαρύτητα

Ενοποίηση

Maxwell (1850's)



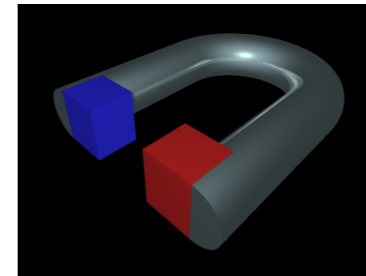
Ηλεκτρισμός

Φως

Μαγνητισμός

Ενοποίηση

Maxwell (1850's)



Ηλεκτρομαγνητισμός

Ενοποίηση

Καθιερωμένο Πρότυπο (1960's)



Ασθενής Δύναμη



Ηλεκτρομαγνητισμός

Ενοποίηση

Καθιερωμένο Πρότυπο (1960's)



Ηλεκτρασθενής Δύναμη

Πέρα από το Καθιερωμένο Πρότυπο

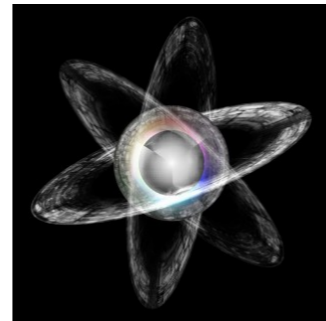
- Ύλη: μόνο 4% της μάζας του σύμπαντος
Σκοτεινή ύλη (~24%)- Σκοτεινή ενέργεια (~72%)
- Ιεραρχία των μαζών
- Απουσία αντιύλης στο σύμπαν

Πρόκληση για την ενοποίηση

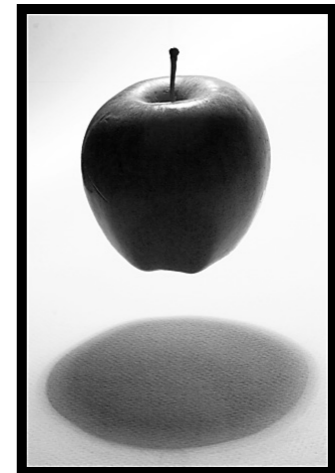
Πέρα από το καθιερωμένο πρότυπο



Ηλεκτρασθενής



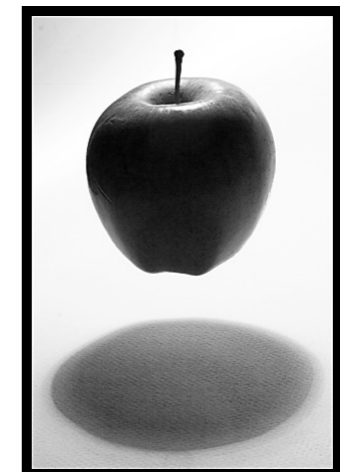
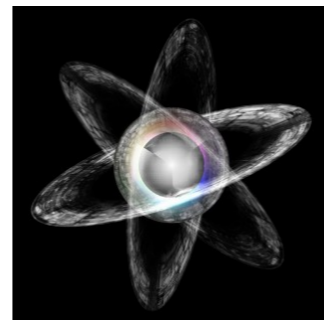
Ισχυρή
Πυρηνική



Βαρύτητα

Πρόκληση για την ενοποίηση

Πέρα από το καθιερωμένο πρότυπο



?

Ενοποιημένη Θεωρία

Εμπόδιο για την ενοποίηση

Αδυναμία της Βαρύτητας

Εμπόδιο για την ενοποίηση

Αδυναμία της Βαρύτητας

Στο άτομο του υδρογόνου



πρωτόνιο



ηλεκτρόνιο

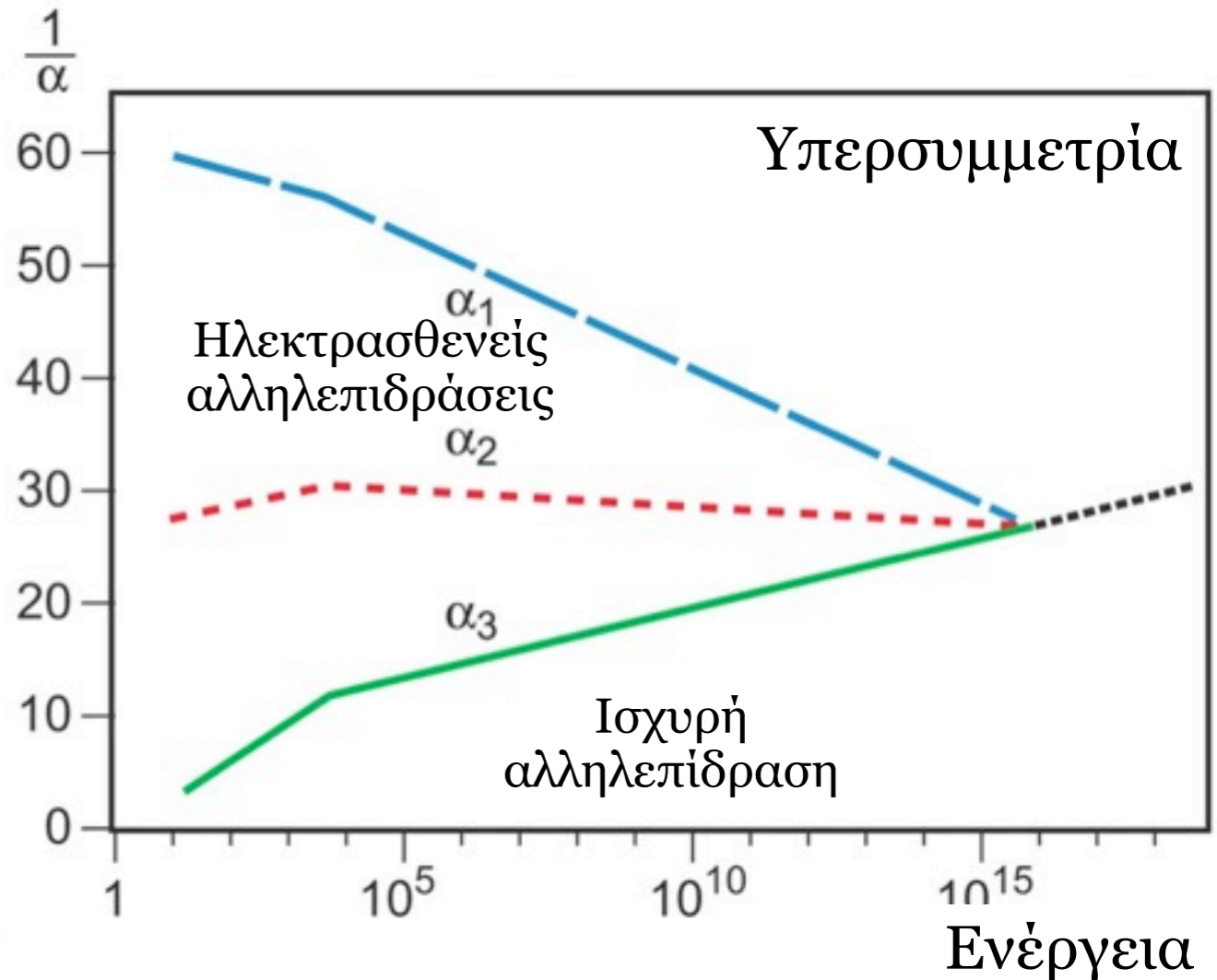
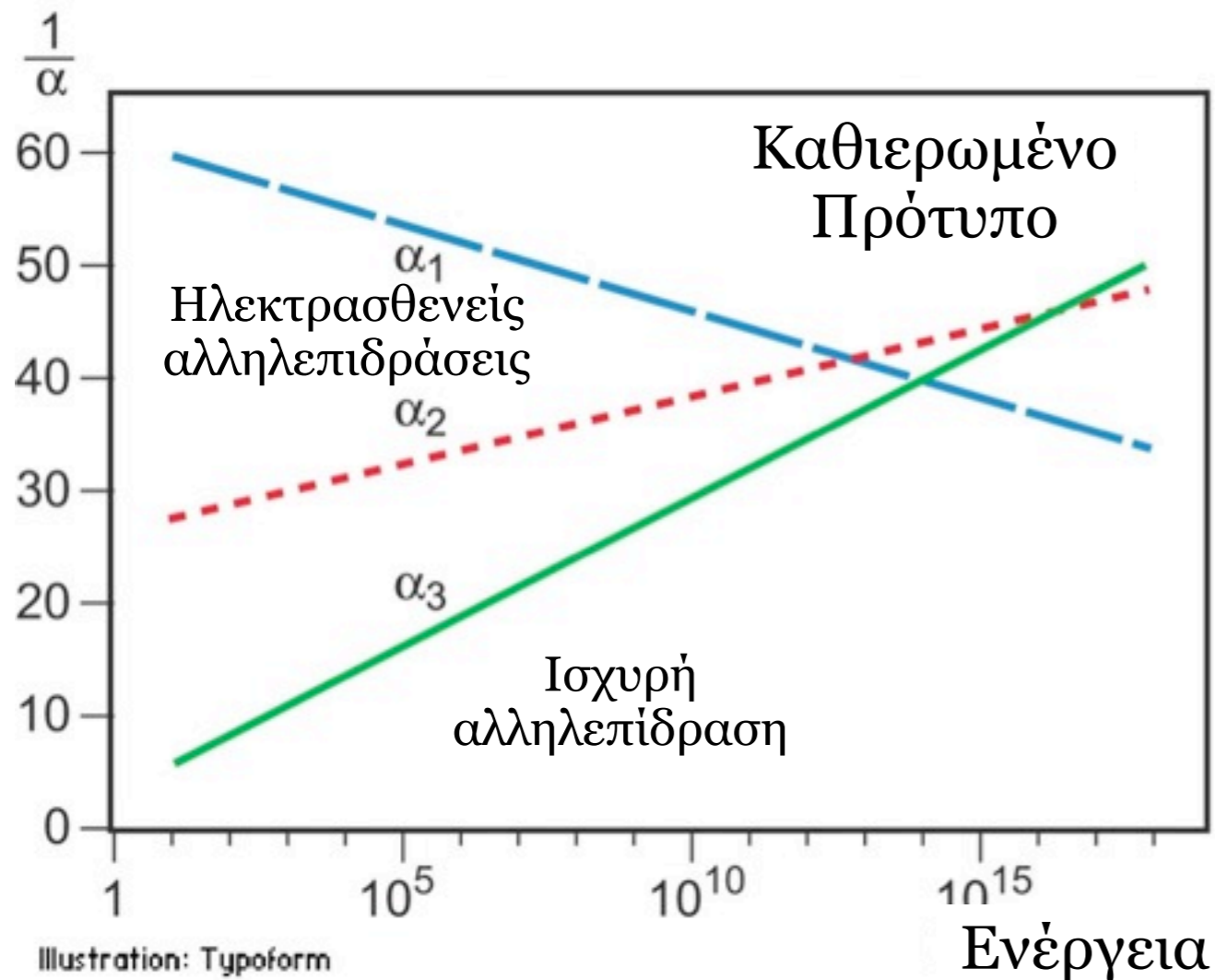
Περίληψη

- Υπερσυμμετρία
- Μεγάλες έξτρα διαστάσεις
- Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας χορδών
- Τι μαθαίνουμε από το Χιγκς

Υπερσυμμετρία

- Κάθε φερμιόνιο αποκτά ένα μποζονικό “αδερφό”
- Κάθε μποζόνιο αποκτά ένα φερμιονικό “αδερφό”

Ενοποίηση των δυνάμεων

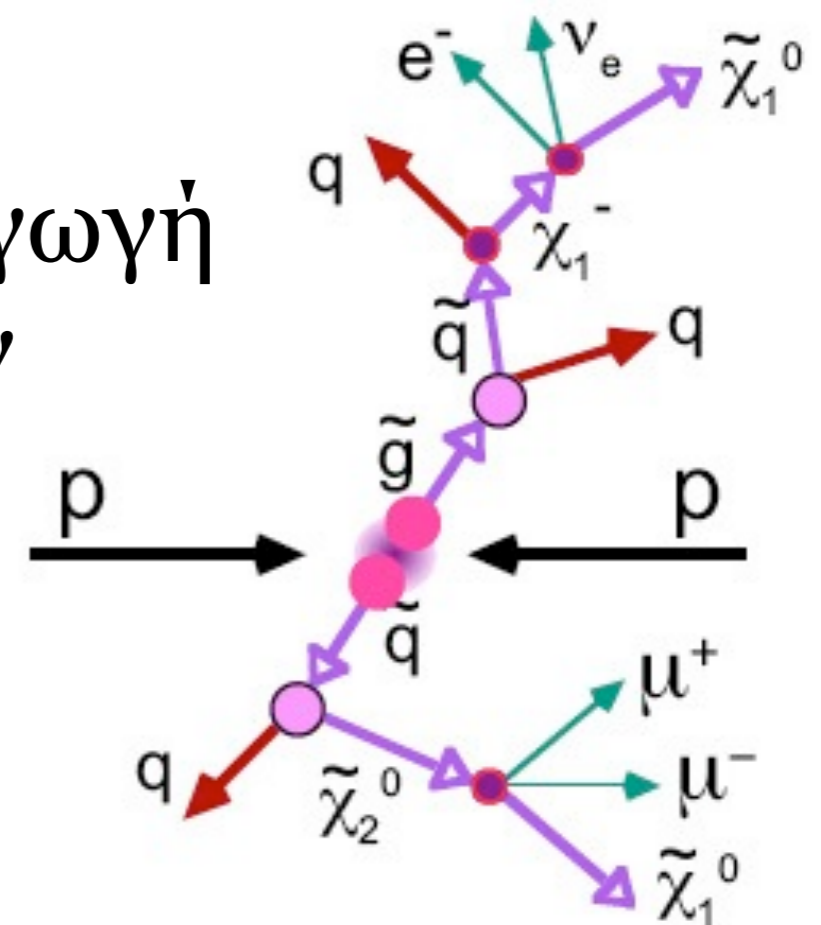


Πειραματικές ενδείξεις για ενοποίηση στις αρχές της δεκαετίας του 1990

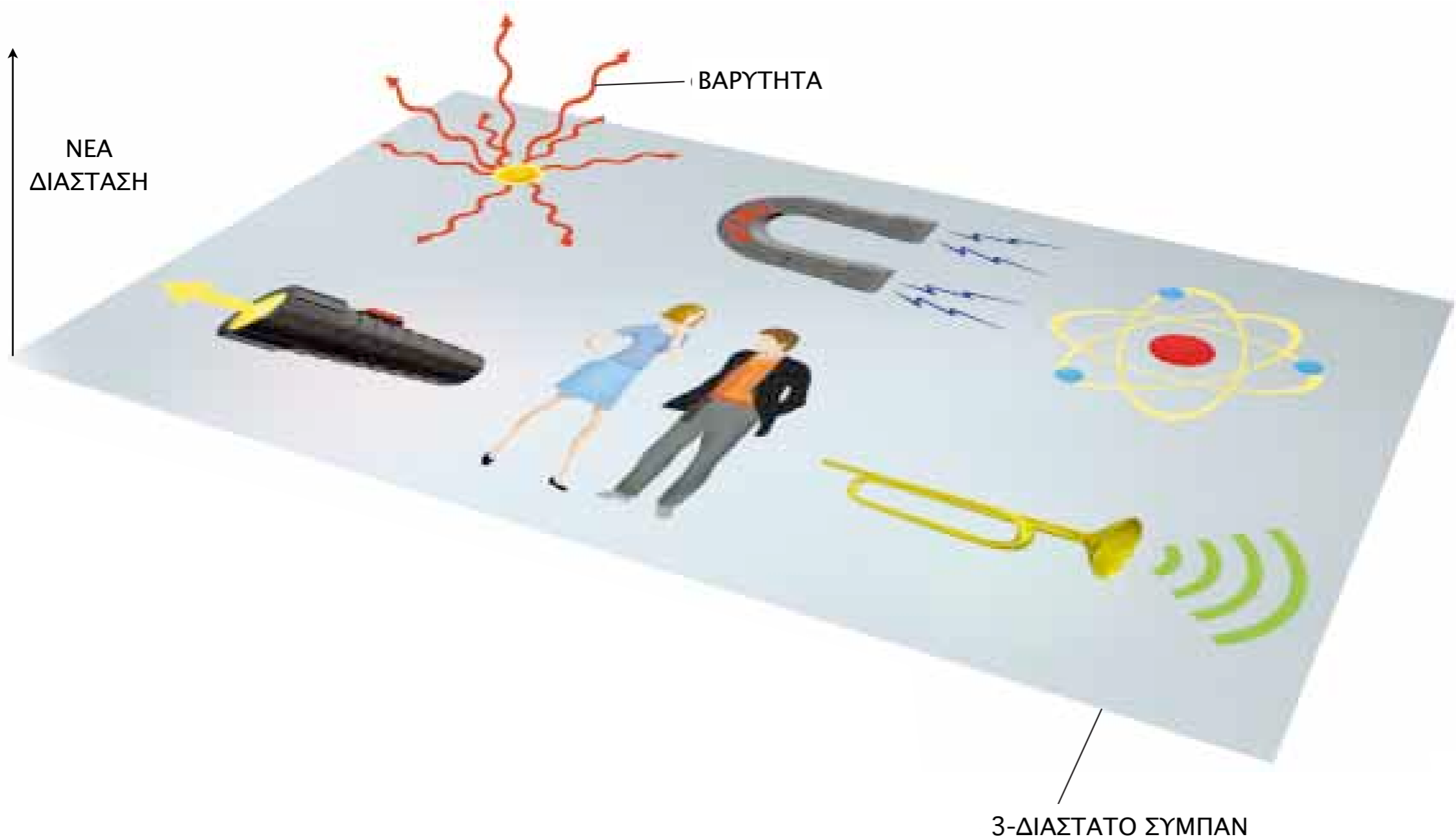
Επιτυχίες της Υπερσυμμετρίας

- Το πιο ελαφρύ υπερσυμμετρικό σωματίδιο είναι σταθερό: Σκοτεινή ύλη

- Large Hadron Collider: Παραγωγή υπερσυμμετρικών σωματιδίων



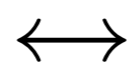
Θεωρία των έξτρα διαστάσεων



Η βαρύτητα είναι αδύναμη όταν διαδίδεται σε περισσότερες από 3 διαστάσεις

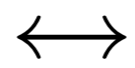


Τραπέζι του μπιλιάρδου



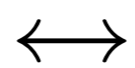
Το δικό μας 3-διάστατο σύμπαν

Μπάλλες του μπιλιάρδου



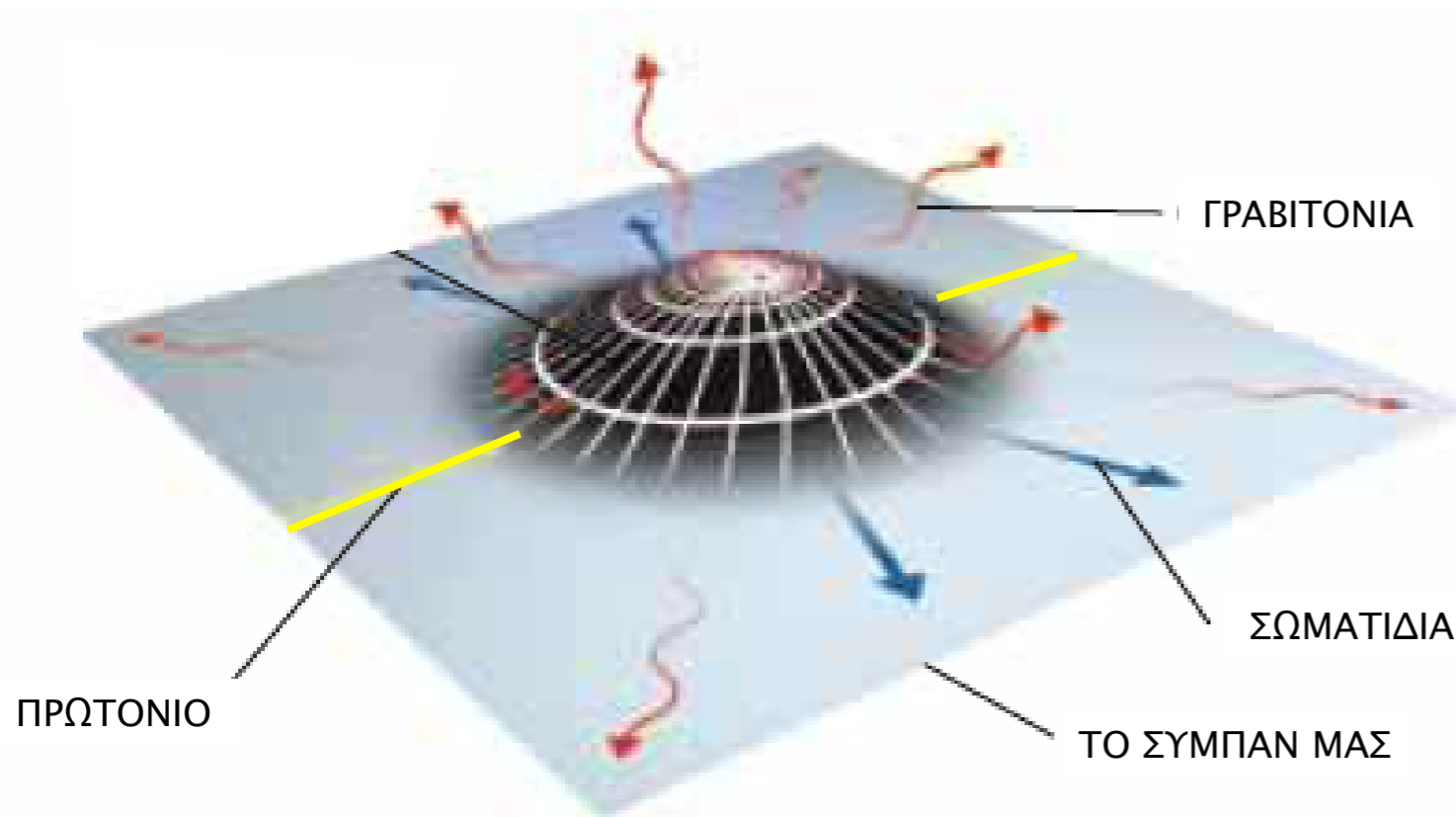
Στοιχειώδη Σωματίδια

Υχητικά κύματα



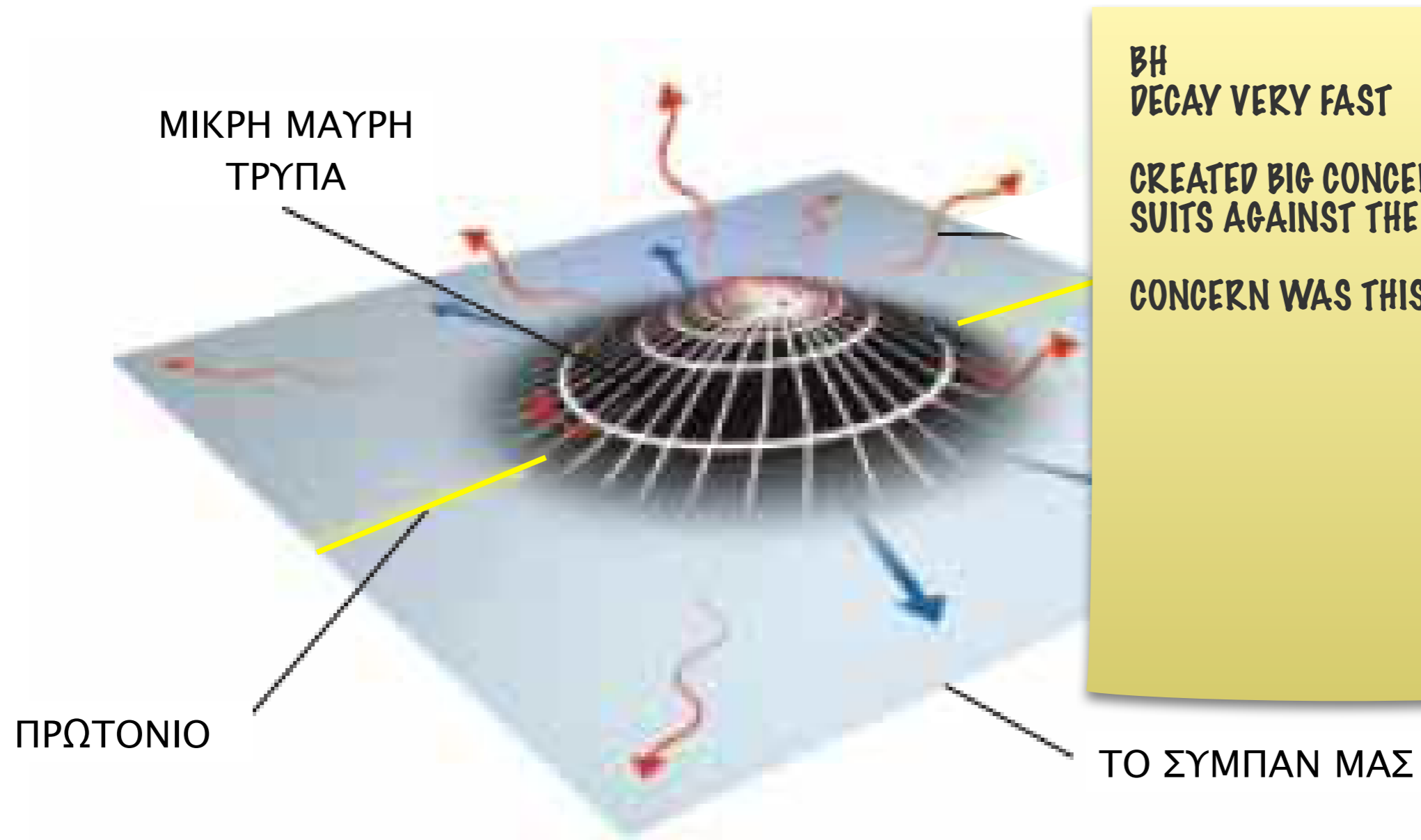
Βαρύτητα

Σήματα στο LHC



Γραβιτόνια διαφεύγουν στην έξτρα διάσταση
Χαμένη Ενέργεια
Παραγωγή εξωτικών σωματιδίων και χορδών

Σήματα στο LHC



Συγκρούσεις πρωτονίων παράγουν μαύρες τρύπες

LHC: Μηχανή Καταστροφής

BH PRODUCED IN
GENEVA, SWALLOWS
MATTER AND EATS THE
EARTH

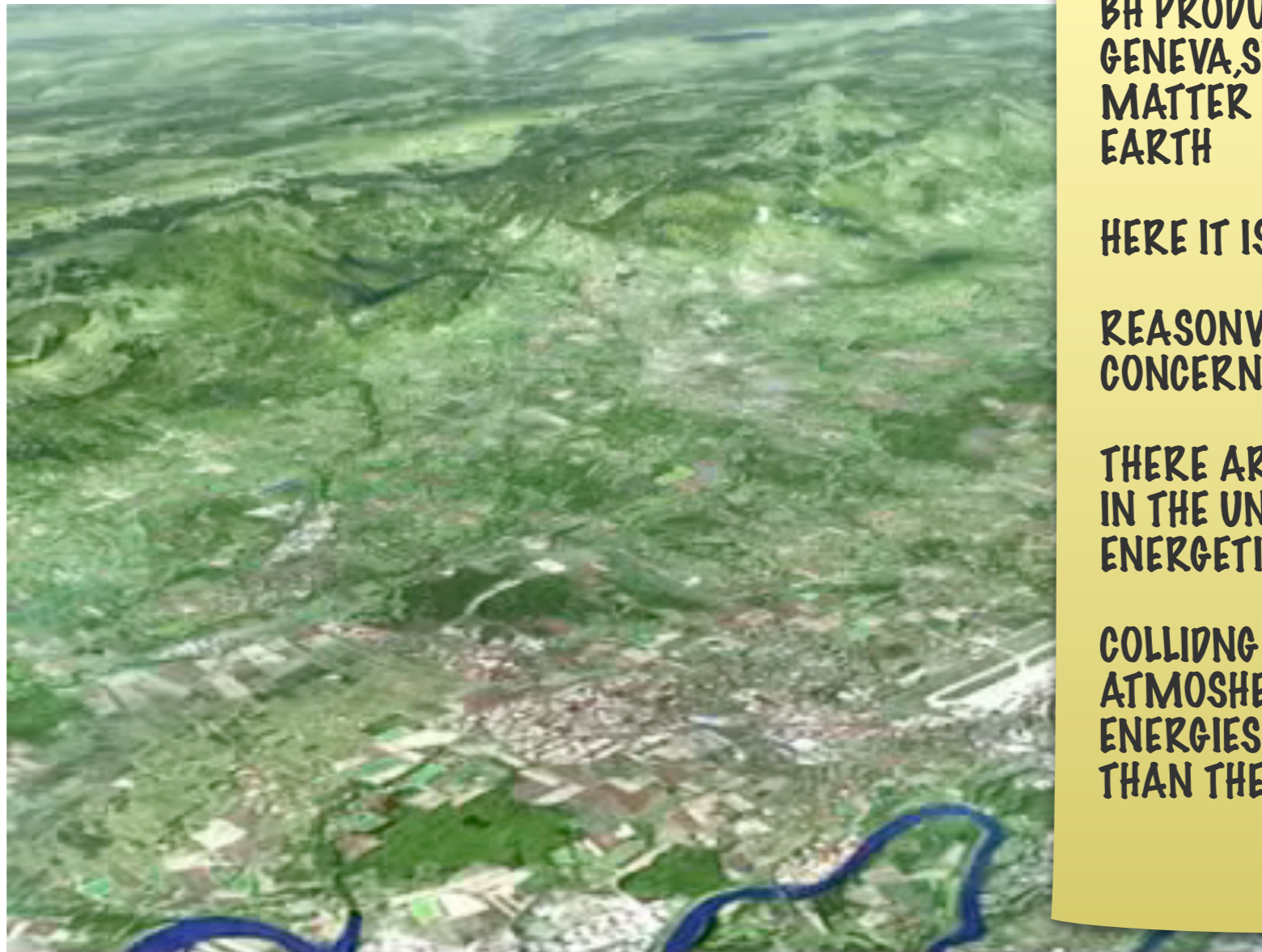
HERE IT IS...

REASON WHY NOT A
CONCERN

THERE ARE COSMIC RAYS
IN THE UNIVERSE, VERY
ENERGETIC PARTICLES...

COLLIDING WITH
ATMOSPHERE WITH
ENERGIES FAR HIGHER
THAN THE LHC

LHC: Μηχανή Καταστροφής



BH PRODUCED IN GENEVA, SWALLOWS MATTER AND EATS THE EARTH

HERE IT IS...

REASON WHY NOT A CONCERN

THERE ARE COSMIC RAYS IN THE UNIVERSE, VERY ENERGETIC PARTICLES...

COLLIDING WITH ATMOSPHERE WITH ENERGIES FAR HIGHER THAN THE LHC

LHC: Μηχανή Καταστροφής



BH PRODUCED IN
GENEVA, SWALLOWS
MATTER AND EATS THE
EARTH

HERE IT IS...

REASON WHY NOT A
CONCERN

THERE ARE COSMIC RAYS
IN THE UNIVERSE, VERY
ENERGETIC PARTICLES...

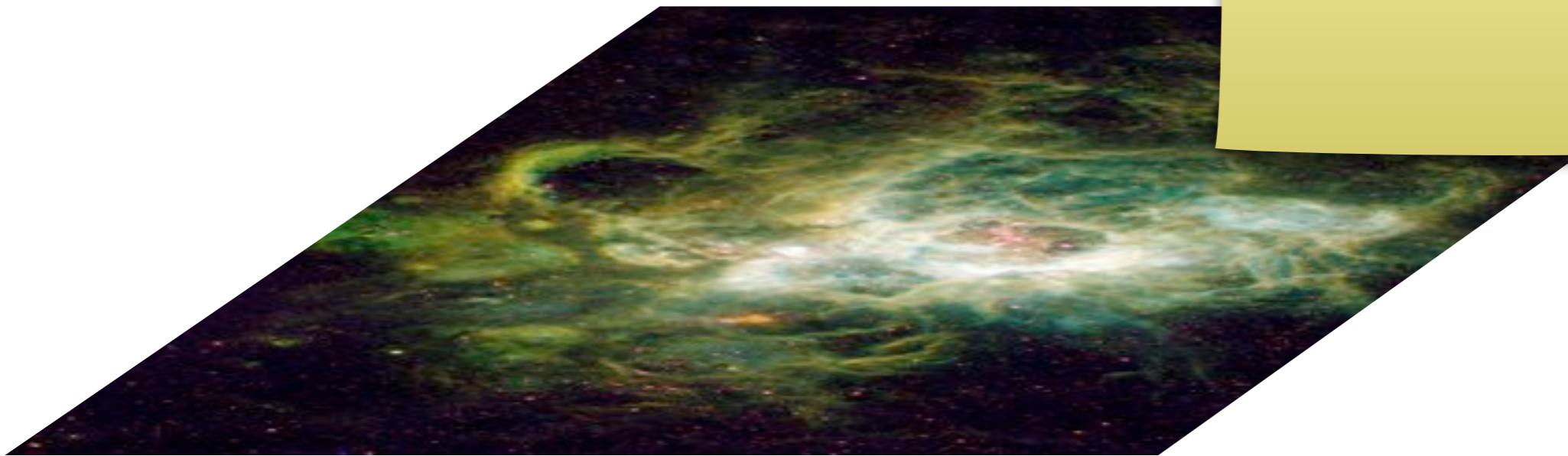
COLLIDING WITH
ATMOSPHERE WITH
ENERGIES FAR HIGHER
THAN THE LHC

Οι μαύρες τρύπες παράγονται σε συγκρούσεις κοσμικής ακτινοβολίας

Νέα Κοσμοθεωρία

EXTRA DIMENSIONS DO NOT HAVE
TO BE WASTED OR EMPTY

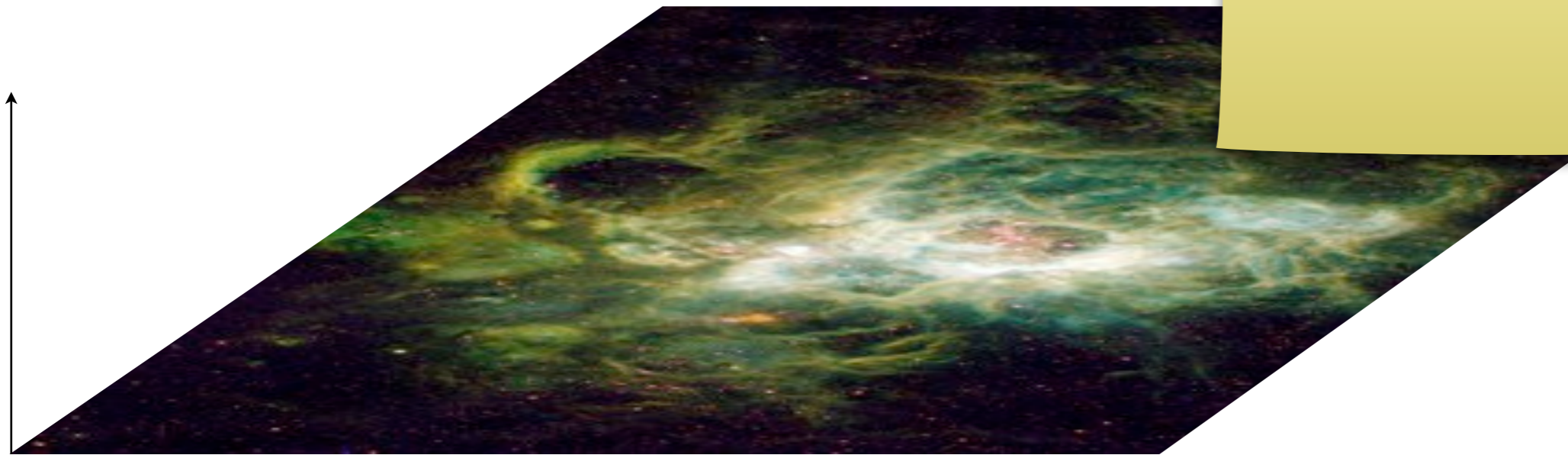
THERE COULD BE OTHER PARALLEL
UNIVERSES



Νέα Κοσμοθεωρία

EXTRA DIMENSIONS DO NOT HAVE
TO BE WASTED OR EMPTY

THERE COULD BE OTHER PARALLEL
UNIVERSES





EXTRA DIMENSIONS DO NOT HAVE
TO BE WASTED OR EMPTY

THERE COULD BE OTHER PARALLEL
UNIVERSES



EXTRA DIMENSIONS DO NOT HAVE
TO BE WASTED OR EMPTY

THERE COULD BE OTHER PARALLEL
UNIVERSES

Μινιμαλισμός



William of Ockham

*“entia non sunt multiplicanda
praeter necessitatem”*

τίποτα δεν πρέπει να
πολλαπλασιάζεται πέρα από το
αναγκαίο

Μινιμαλισμός



William of Ockham

*“entia non sunt multiplicanda
praeter necessitatem”*

τίποτα δεν πρέπει να
πολλαπλασιάζεται πέρα από το
αναγκαίο

Πληθώρα



Gottfried Wilhelm Leibniz

*Ο τελειότερος από όλους τους
πιθανούς κόσμους πρέπει να
περιέχει όλες τις περιπτώσεις*

Μινιμαλισμός

Για το ηλιακό σύστημα

Schema huius praemissa divisionis Sphaerarum.



MINIMALISM DOES NOT ALWAYS WORK!

FUNDAMENTAL QUESTION: orbits of the planets

MYSTERY: why earth habitable

DIVINE INTERVENTION?

once many solar sysetms:
QUESTIONS CHANGE AND
MYSTERY RESOLVED

ALTHOUGH TODAY SEEMS LIKE AN OBVIOUS IDEA

BACK IN 1600 IT WAS SOMEWHAT.....
CONTROVERSIAL.

ORIGINAL ADVOCATE BURNED AT THE STAKE

Μινιμαλισμός

Για το ηλιακό σύστημα

MINIMALISM DOES NOT ALWAYS WORK!

FUNDAMENTAL QUESTION: orbits of the planets

MYSTERY: why earth habitable

DIVINE INTERVENTION?

once many solar systems:
QUESTIONS CHANGE AND
MYSTERY RESOLVED

ALTHOUGH TODAY SEEMS LIKE AN OBVIOUS IDEA

BACK IN 1600 IT WAS SOMEWHAT.....
CONTROVERSIAL.

ORIGINAL ADVOCATE BURNED AT THE STAKE

Schema huius praemissa divisionis Sphaerarum.



Μινιμαλι



Ο Giordano Bruno καίγεται
17 Φεβρουαρίου, 1600

MINIMALISM DOES NOT ALWAYS WORK!

FUNDAMENTAL QUESTION:
orbits of the planets

MYSTERY: why earth habitable

DIVINE INTERVENTION?

once many solar systems:
QUESTIONS CHANGE AND MYSTERY RESOLVED

ALTHOUGH TODAY SEEMS LIKE AN OBVIOUS IDEA

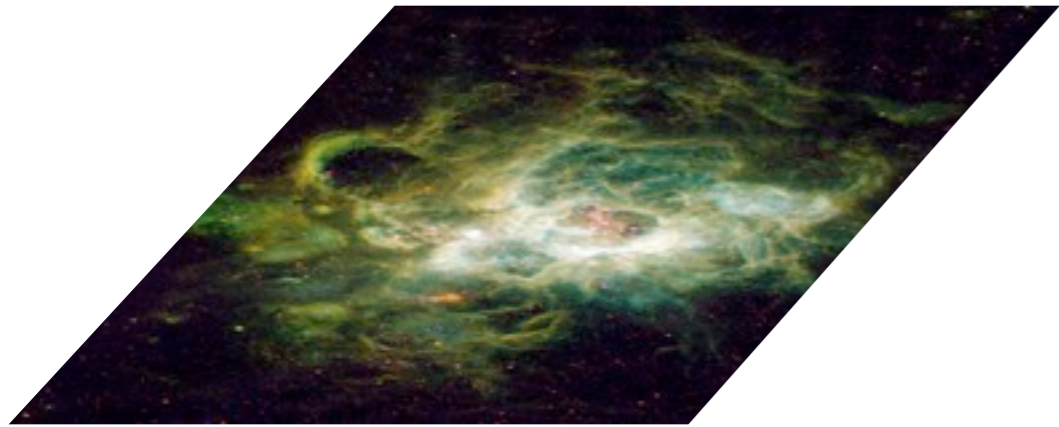
**BACK IN 1600 IT WAS SOMEWHAT.....
CONTROVERSIAL.**

ORIGINAL ADVOCATE BURNED AT THE STAKE

Πληθώρα Ηλιακών Συστημάτων

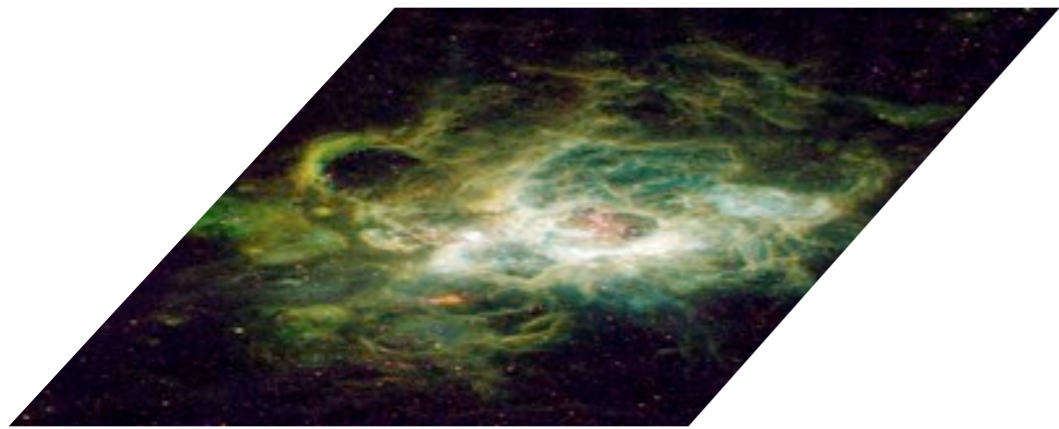
- Αλλάζει τον τρόπο που σκεφτόμαστε για το ηλιακό σύστημα
π.χ. απόσταση Ήλιου-Γης
- Δείχνει προς περιβαλλοντική επιλογή στο σύμπαν μας

Μινιμαλισμός



Ένα σύμπαν

Μινιμαλισμός



Ένα σύμπαν

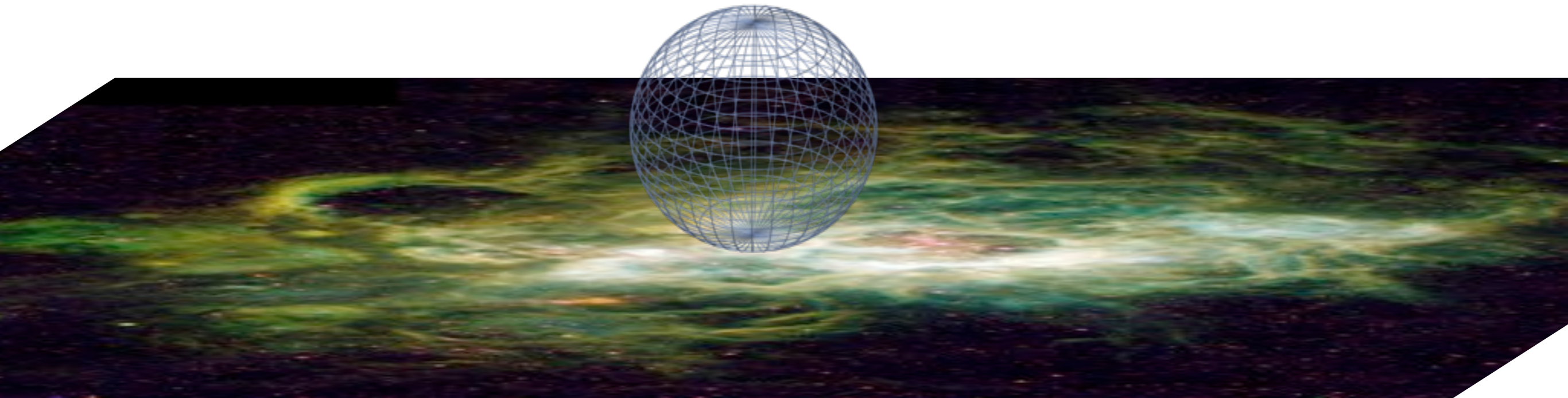
Πληθώρα



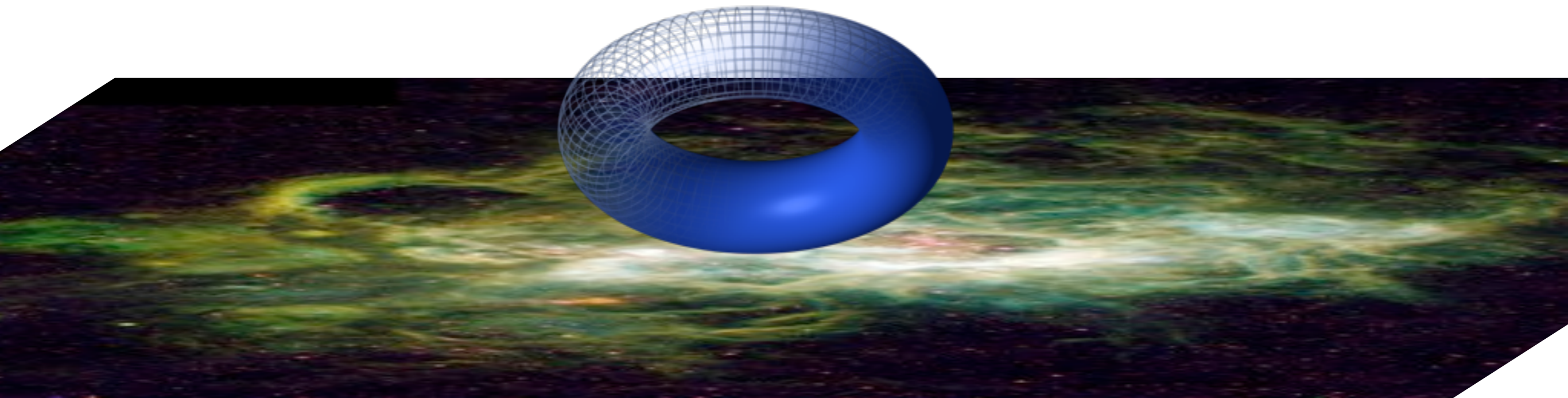
Πολλά σύμπαντα

Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας Χορδών

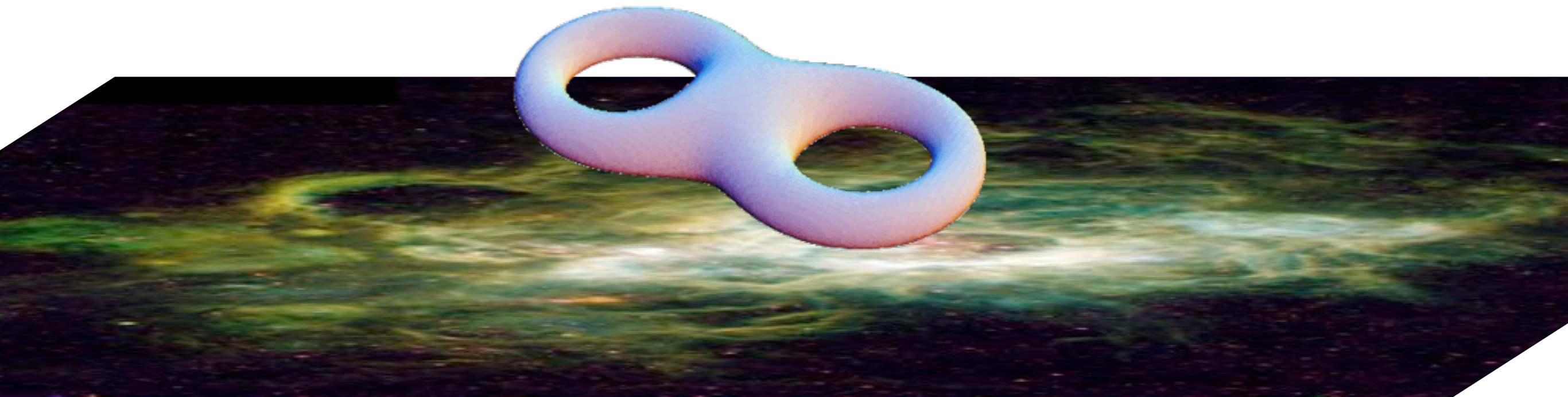
Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας Χορδών



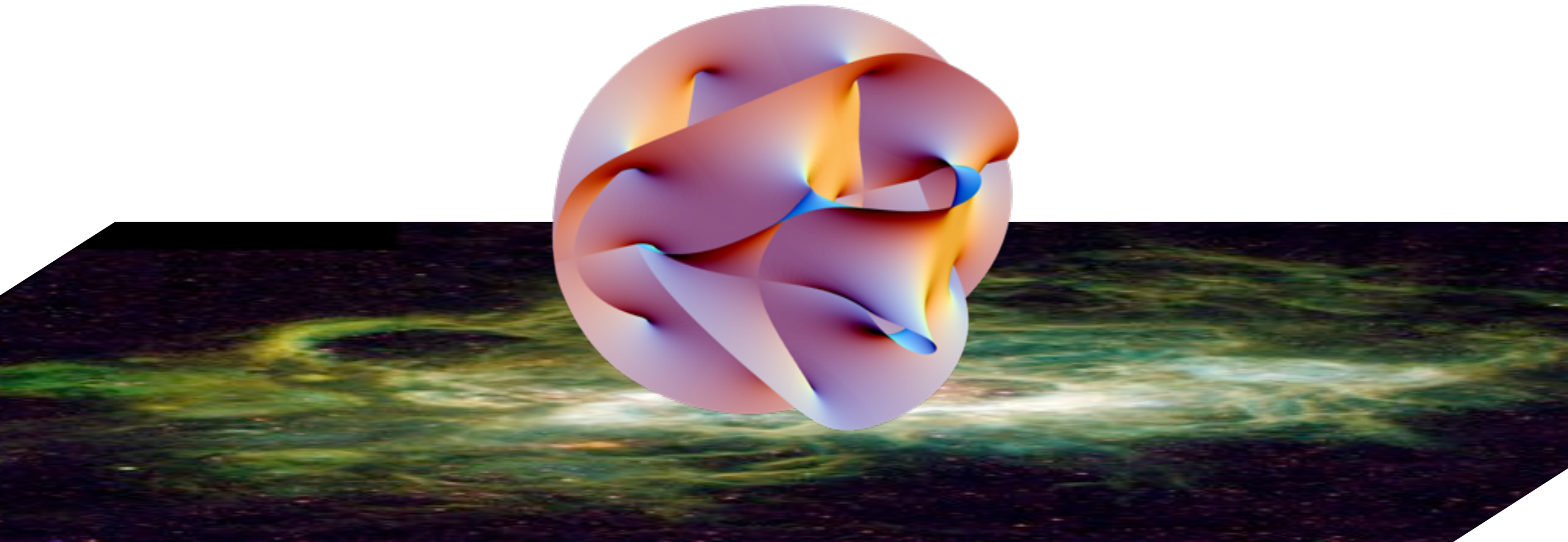
Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας Χορδών



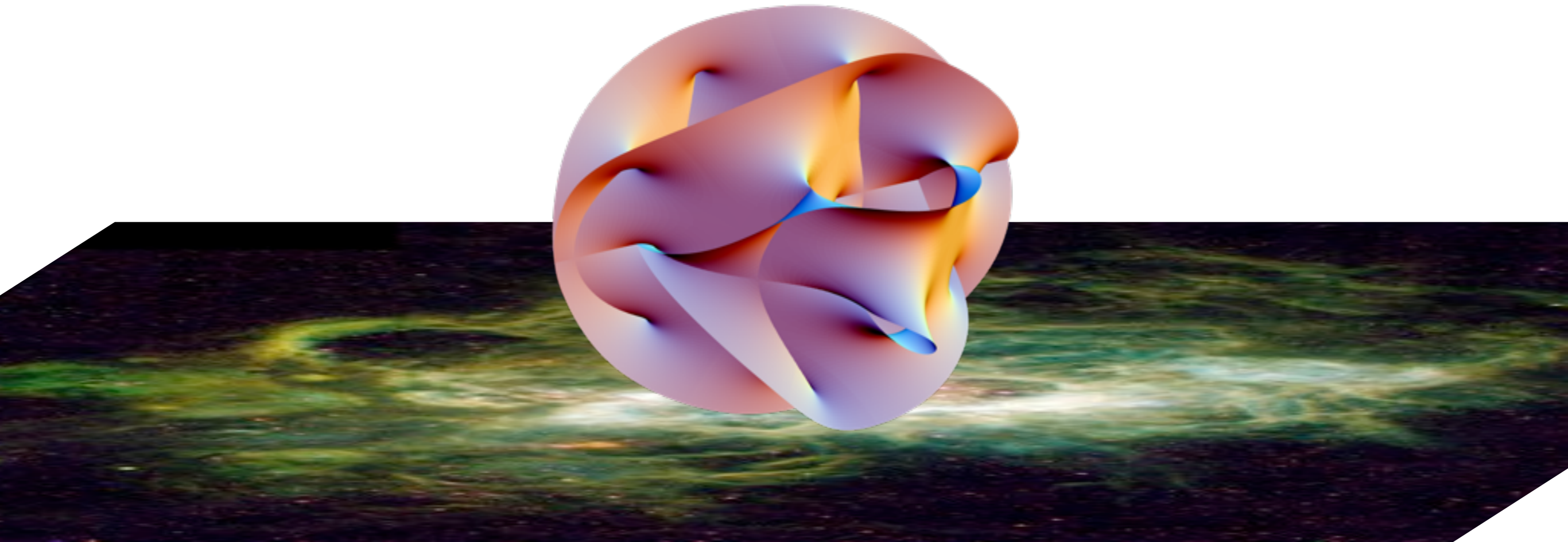
Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας Χορδών



Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας Χορδών



Τα πολλά σύμπαντα της θεωρίας Χορδών

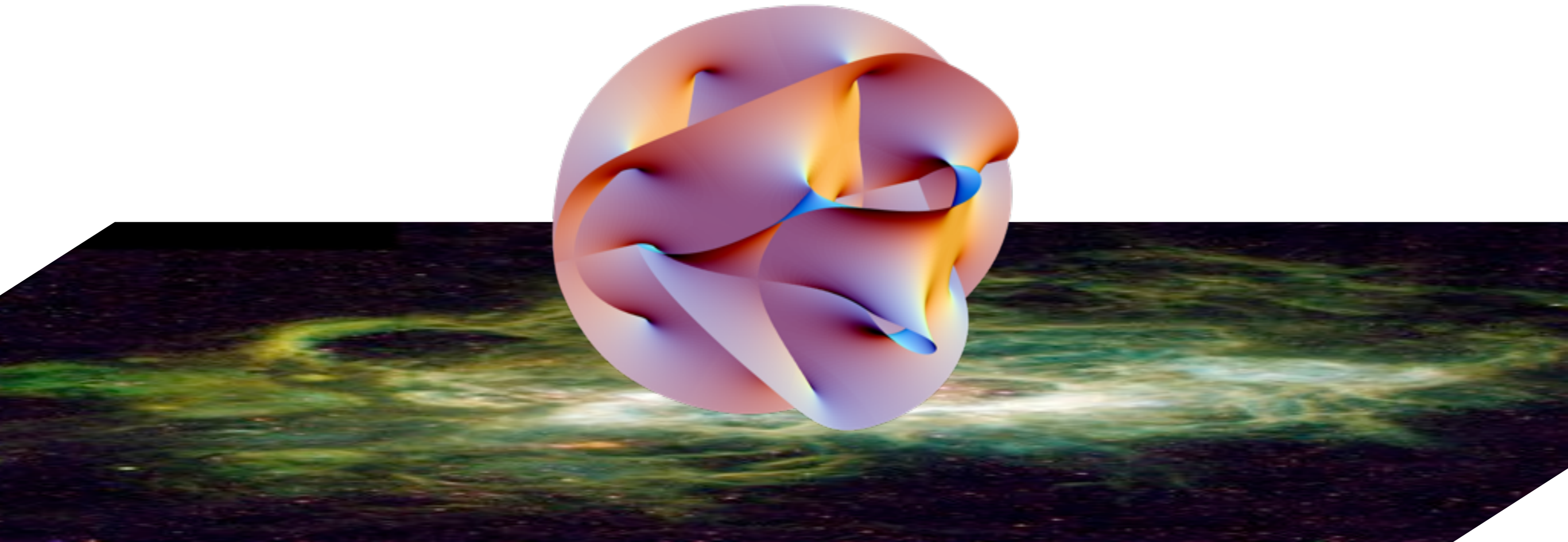


Οι νόμοι της φύσης εξαρτώνται από το σχήμα των έξτρα διαστάσεων

Μινιμαλισμός

Πληθώρα

Θεωρία Χορδών

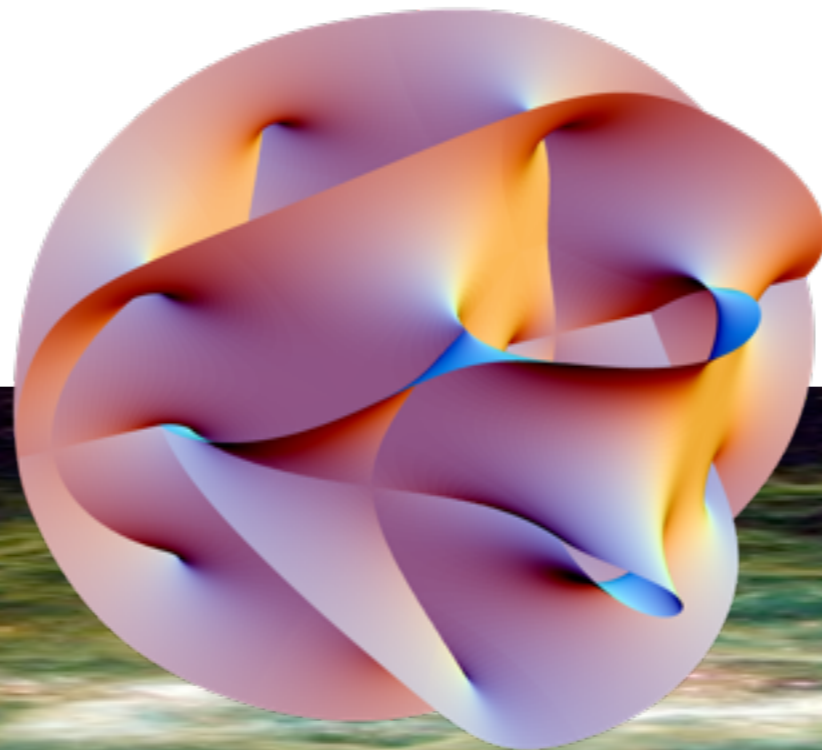


Οι νόμοι της φύσης εξαρτώνται από το σχήμα των έξτρα διαστάσεων

Μινιμαλισμός

Πληθώρα

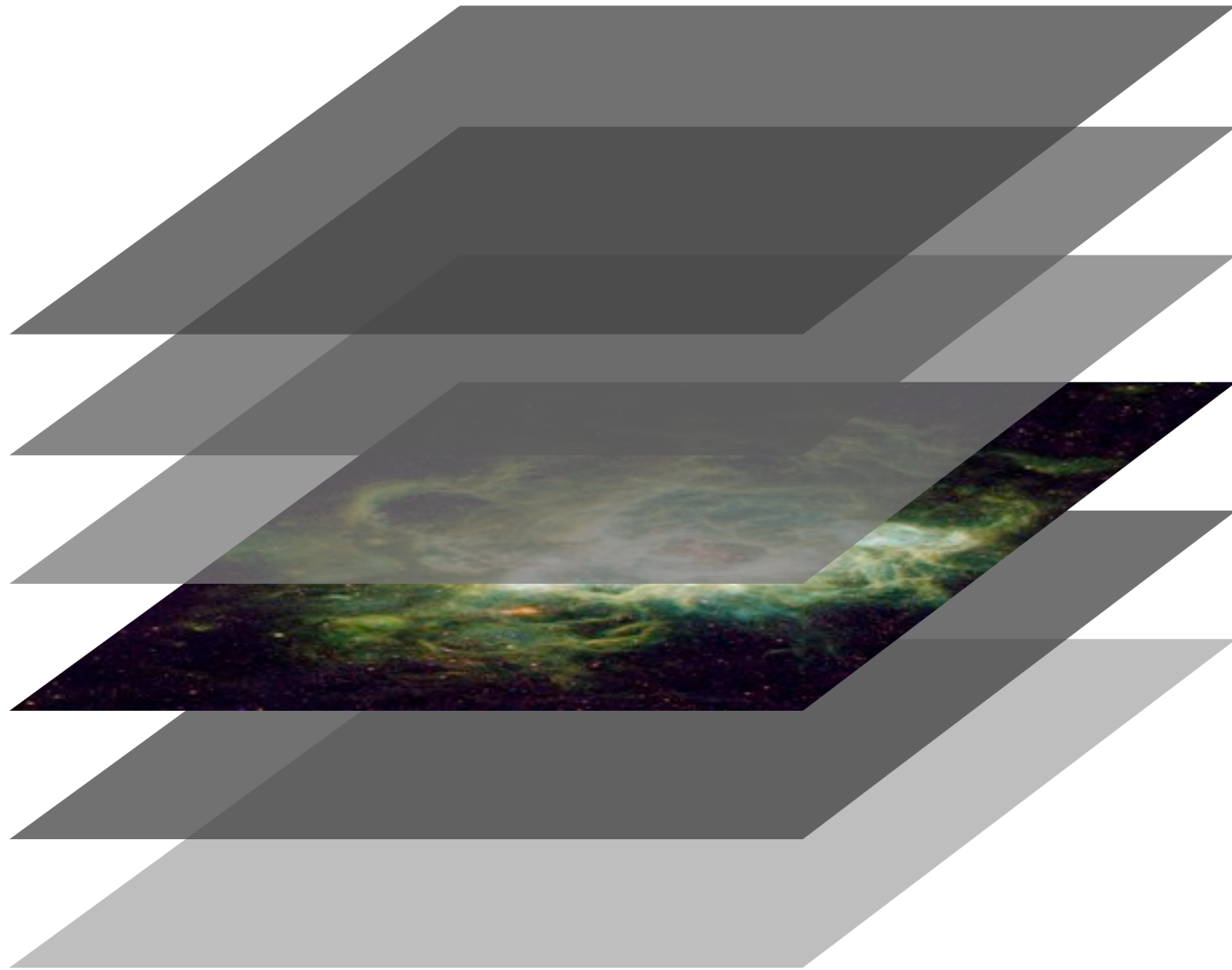
Θεωρία Χορδών



Οι νόμοι της φύσης εξαρτώνται από το σχήμα των έξτρα διαστάσεων

Οι έξτρα διαστάσεις της θεωρίας Χορδών
υπονοούν την ύπαρξη πολλών συμπάντων

Η ενέργεια του σύμπαντος

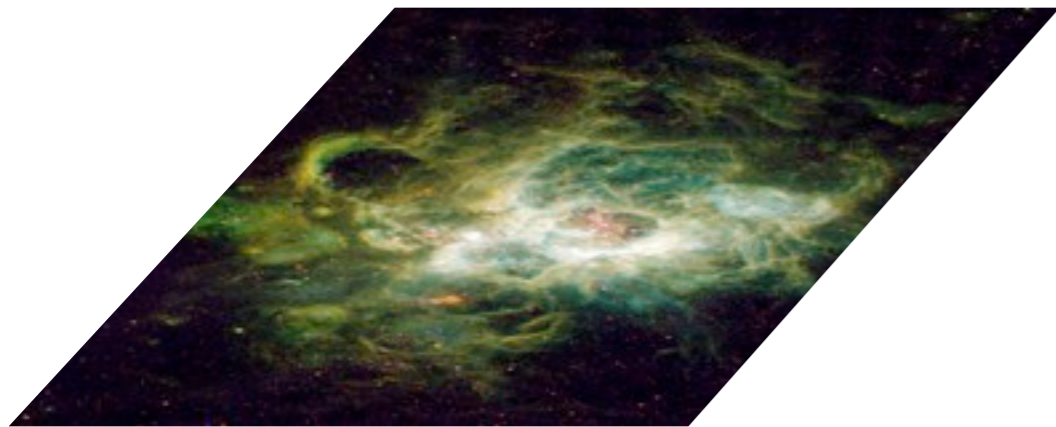


Στα περισσότερα σύμπαντα η ενέργεια είναι τόσο μεγάλη που
διασπά τους γαλαξίες

“Το πρόβλημα της Κοσμολογικής Σταθεράς”

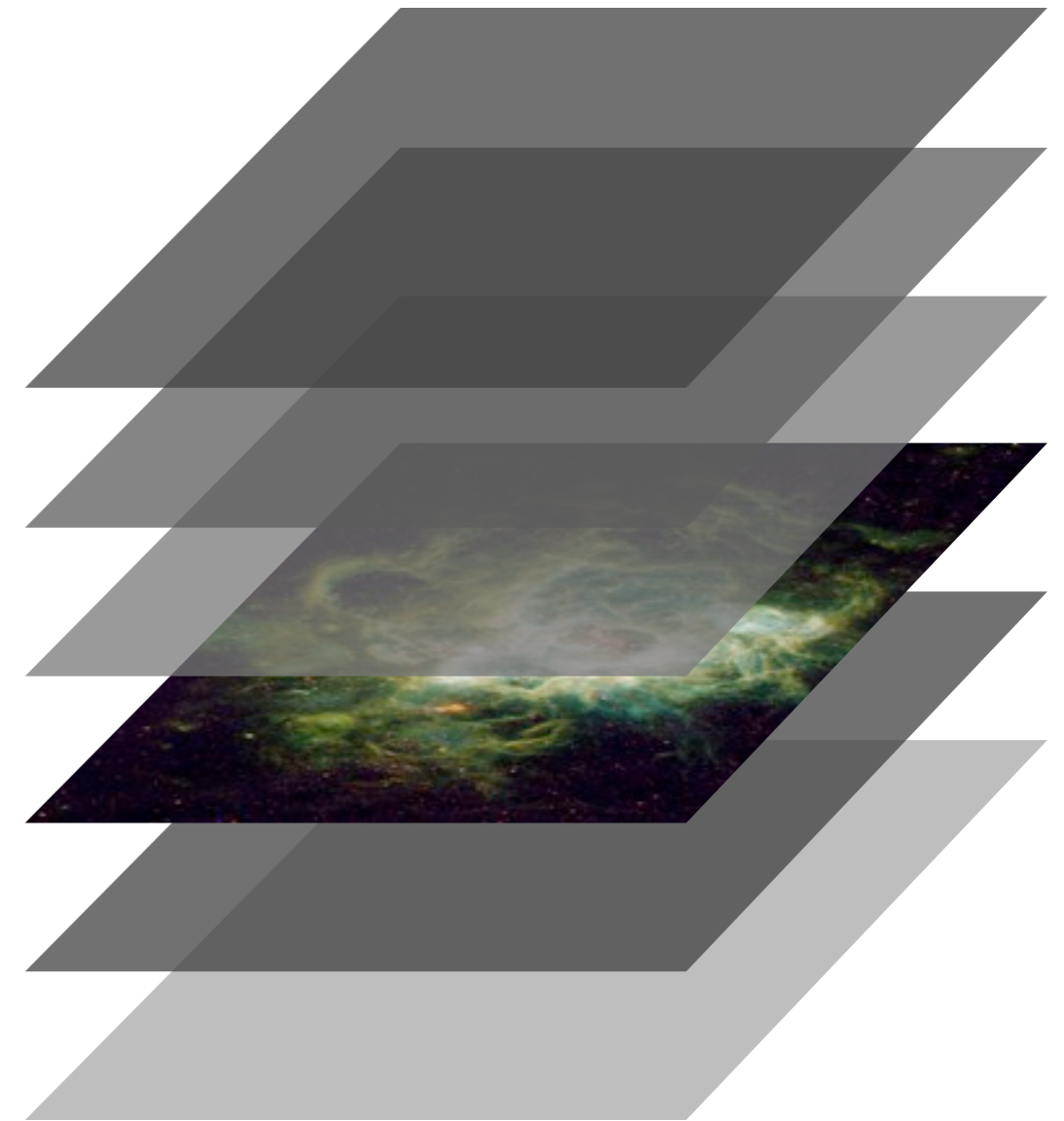
Μινιμαλισμός

Η ύπαρξη γαλαξιών



“Θεϊκή” παρέμβαση

Πληθώρα



Επιλογή περιβάλλοντος

Πώς ψάχνουμε για αυτά τα σύμπαντα;

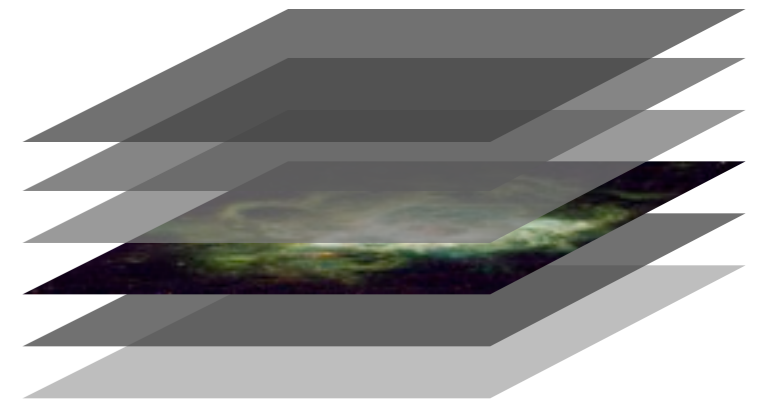


Επιπτώσεις της πληθώρας στη θεωρία Χορδών

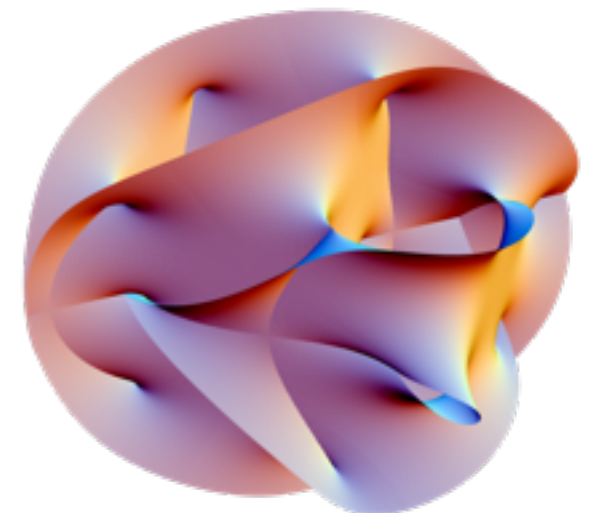
- Πληθώρα συμπάντων

Ύπαρξη γαλαξιών

Διχασμένη Υπερσυμμετρία

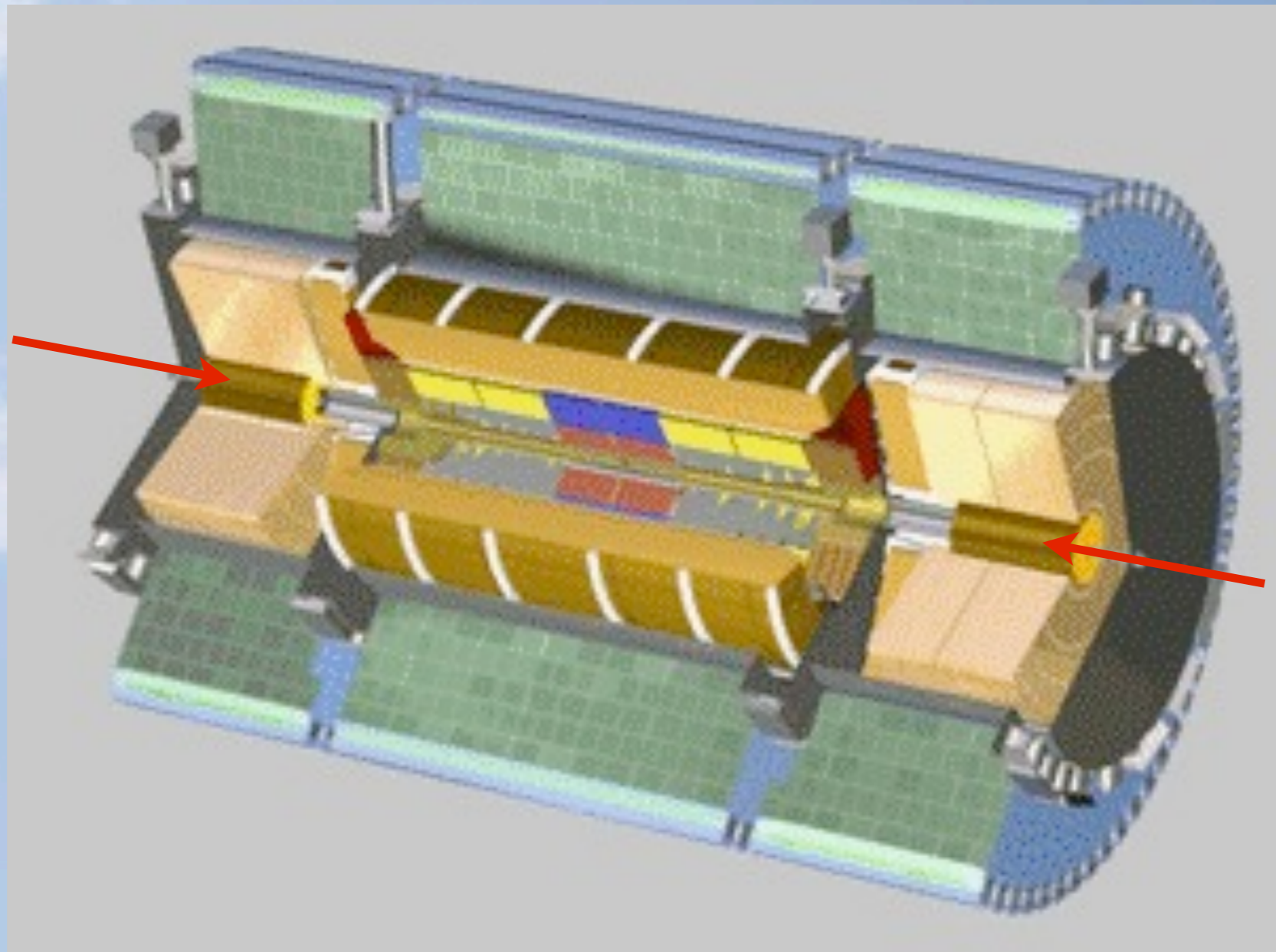


- Πληθώρα σωματιδίων στο σύμπαν μας



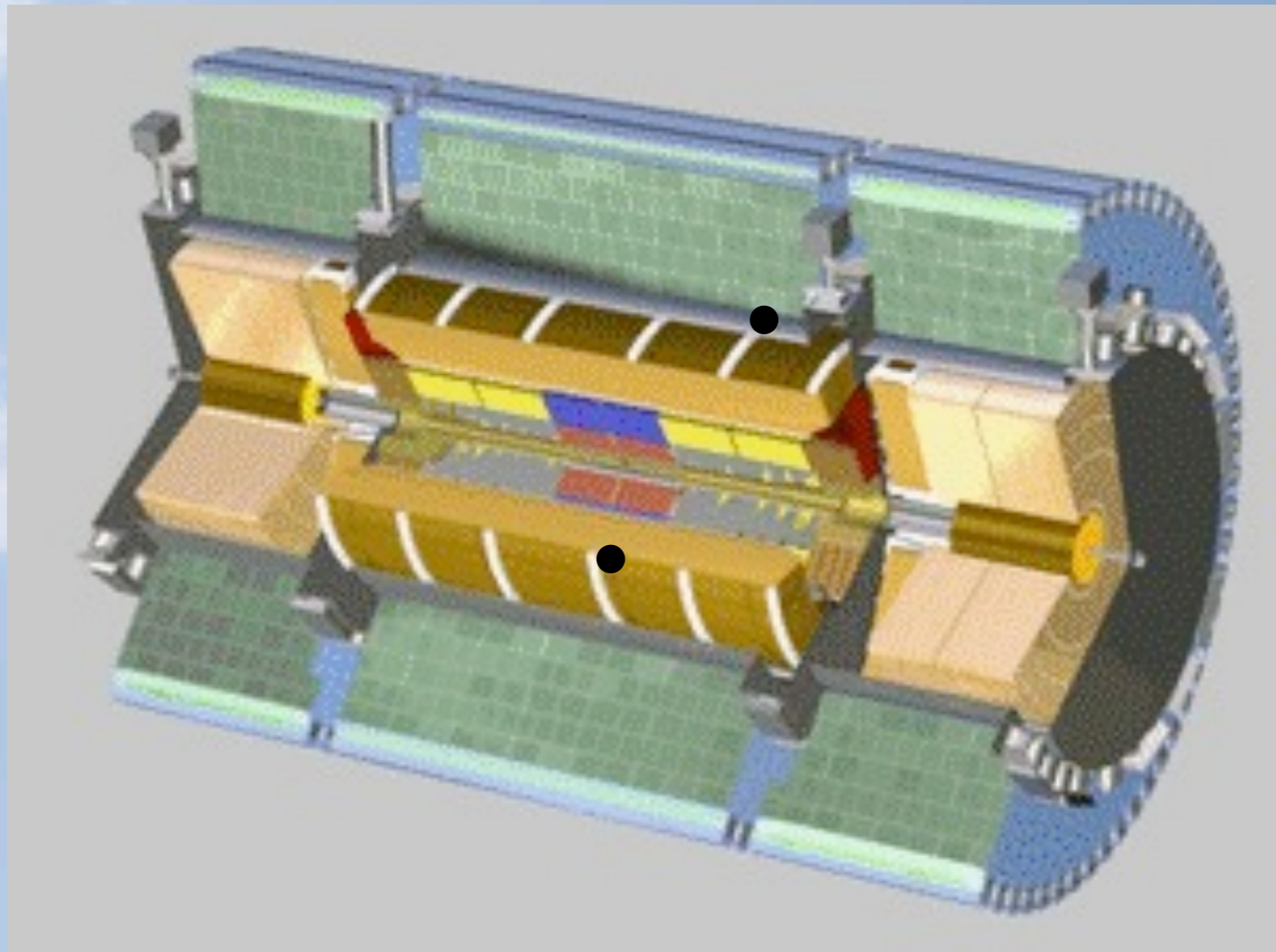
Μετασταθή σωματίδια στο LHC

Σωματίδια που διασπώνται μακριά από το σημείο παραγωγής τους



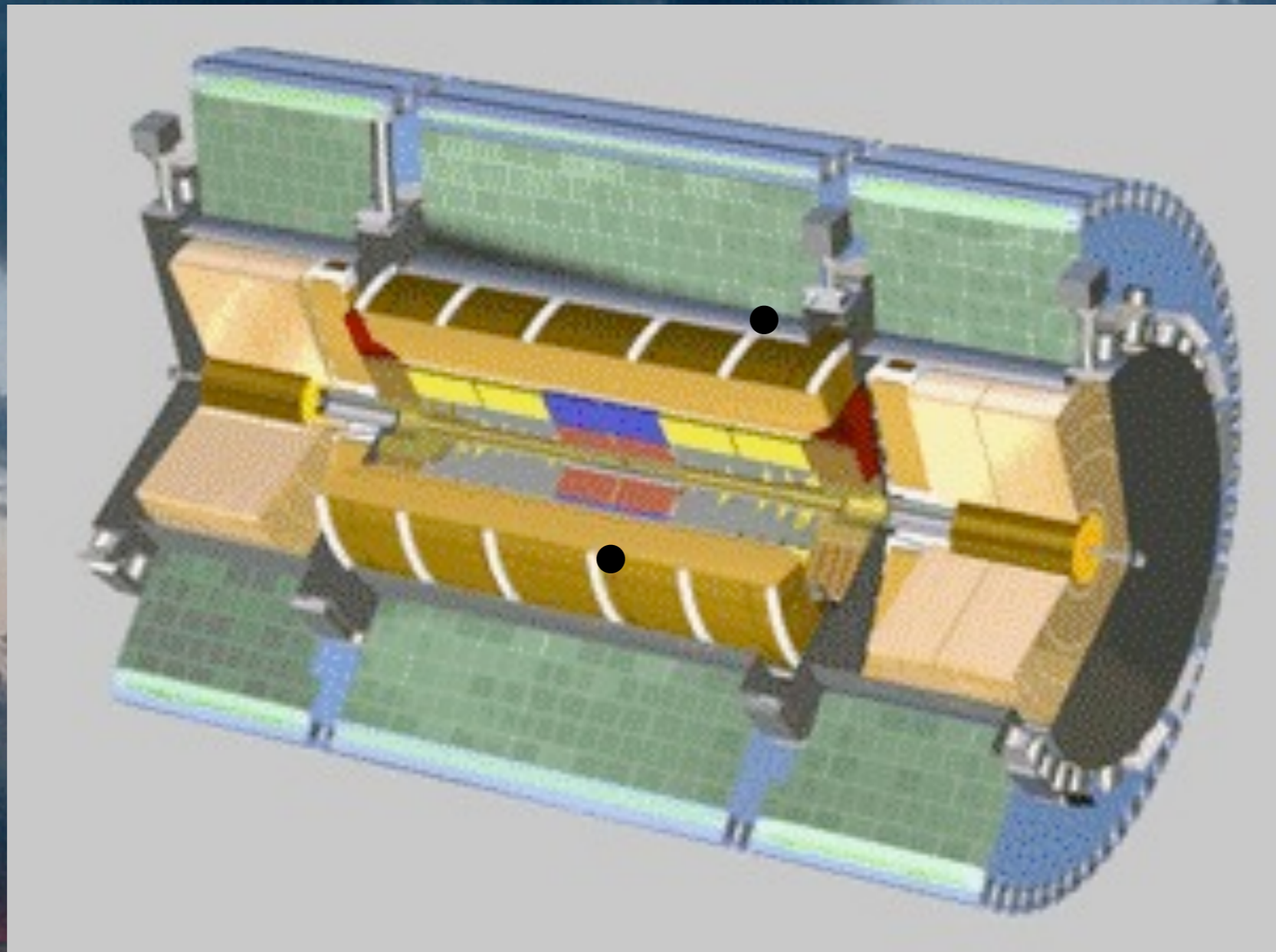
Μετασταθή σωματίδια στο LHC

Σωματίδια που διασπώνται μακριά από το σημείο παραγωγής τους



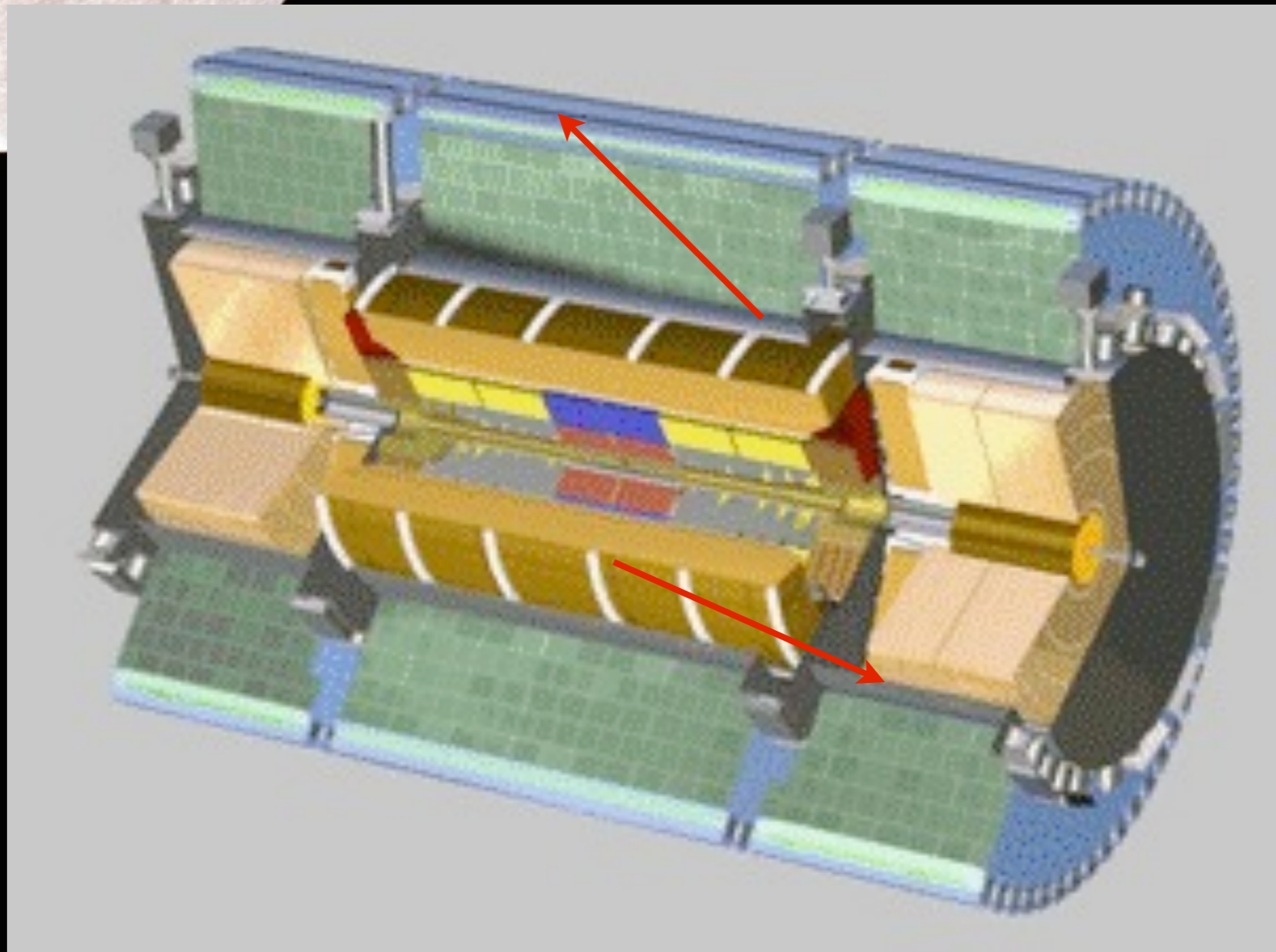
Μετασταθή σωματίδια στο LHC

Σωματίδια που διασπώνται μακριά από το σημείο παραγωγής τους



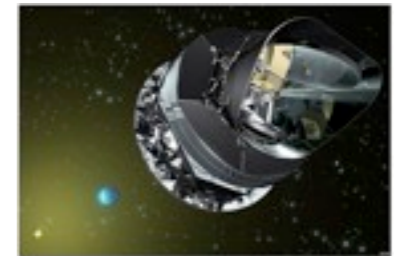
Μετασταθή σωματίδια στο LHC

Σωματίδια που διασπώνται μακριά από το σημείο παραγωγής τους

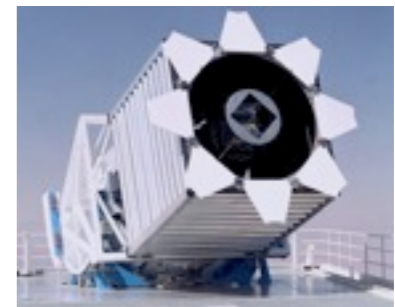


Σήματα της πληθώρας σωματιδίων

- Φως από το Big Bang



- Κατανομή της ύλης στο σύμπαν



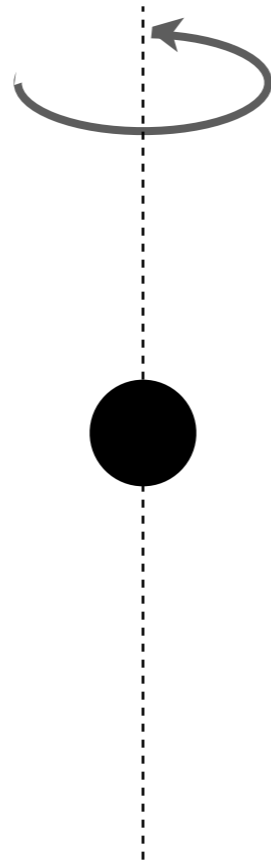
- Μετασταθή σωματρία στο LHC



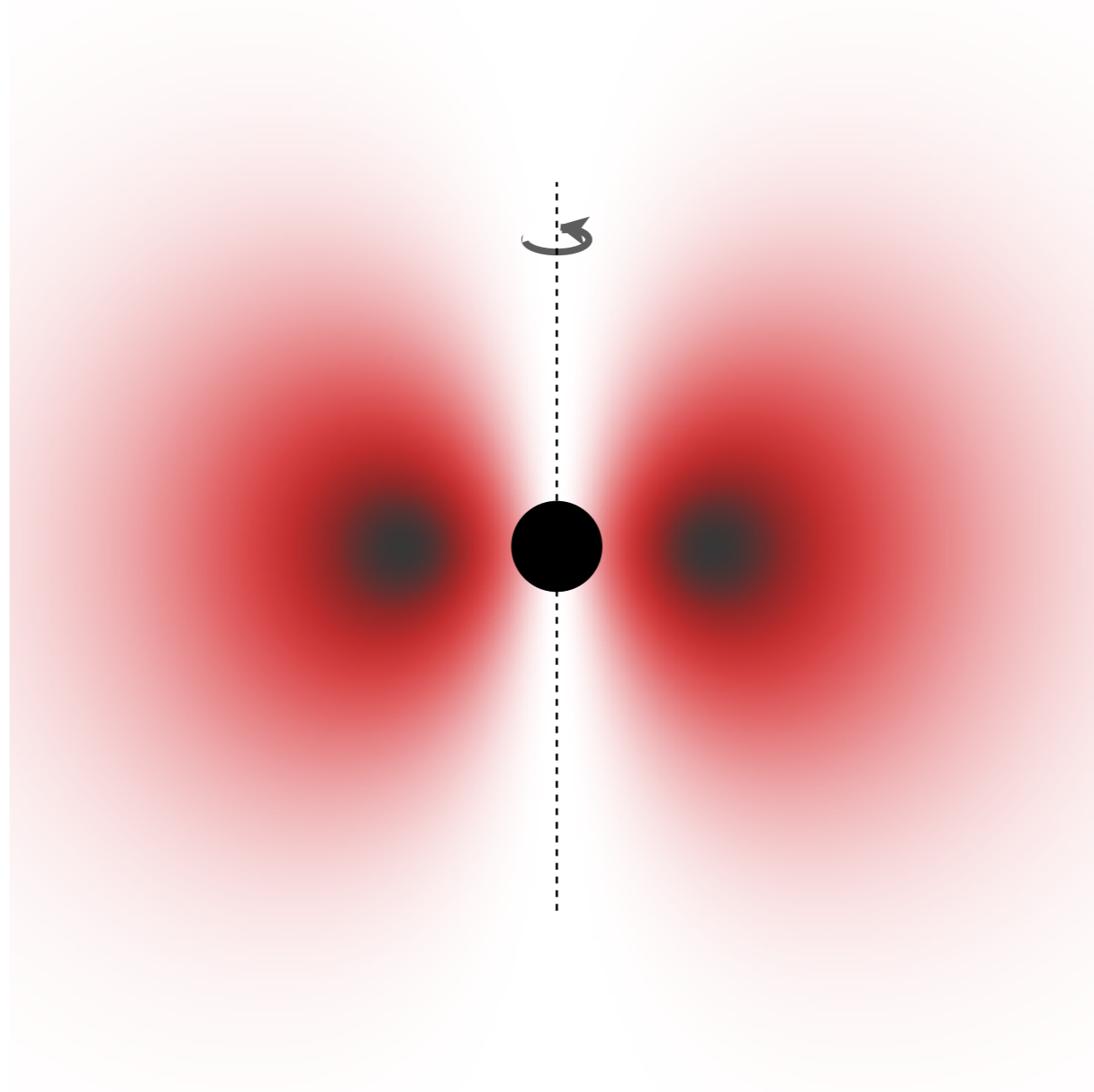
- Εξέλιξη των περιστρεφόμενων μαύρων τρυπών



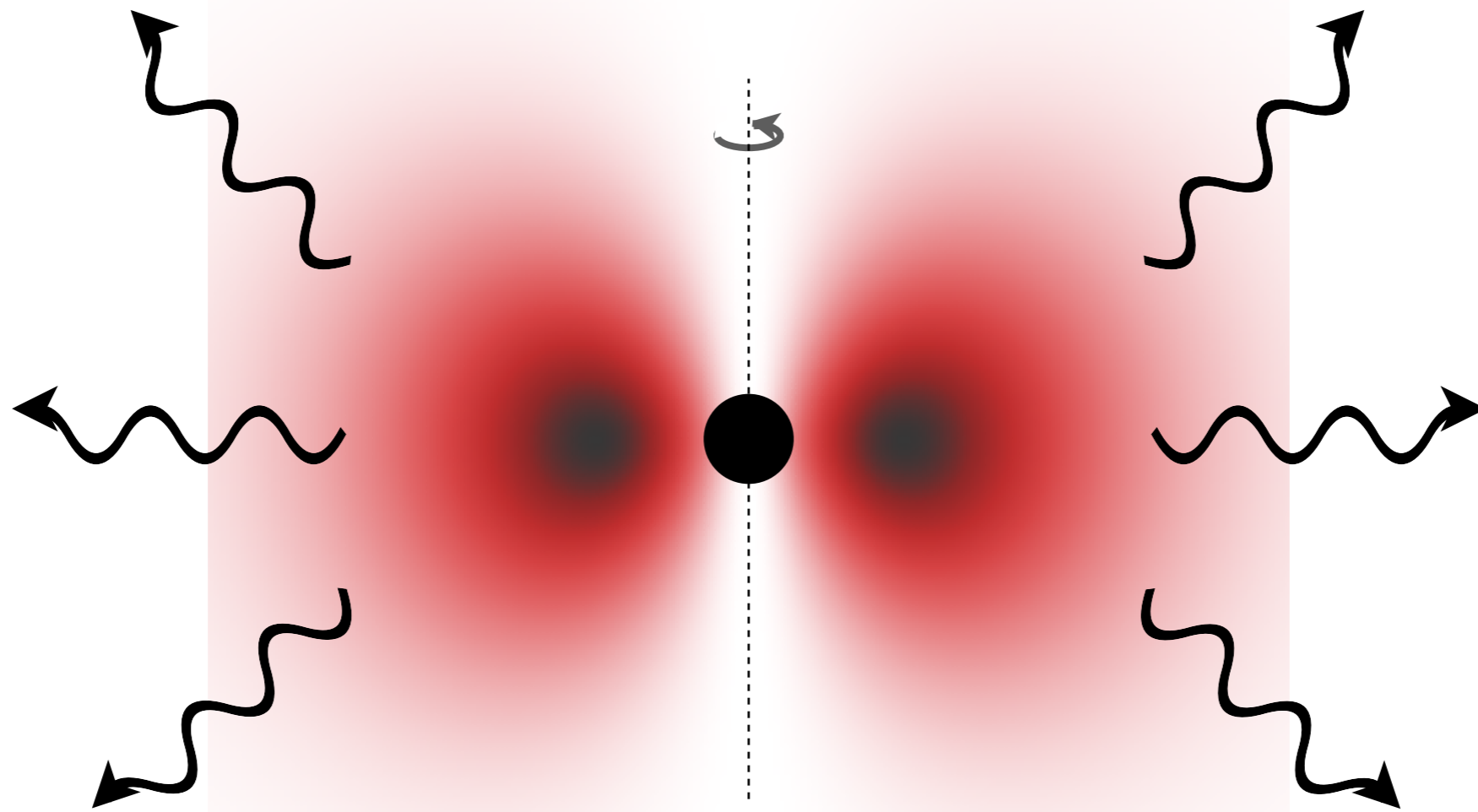
Βαρυτικά κύματα από μαύρες τρύπες



Βαρυτικά κύματα από μαύρες τρύπες

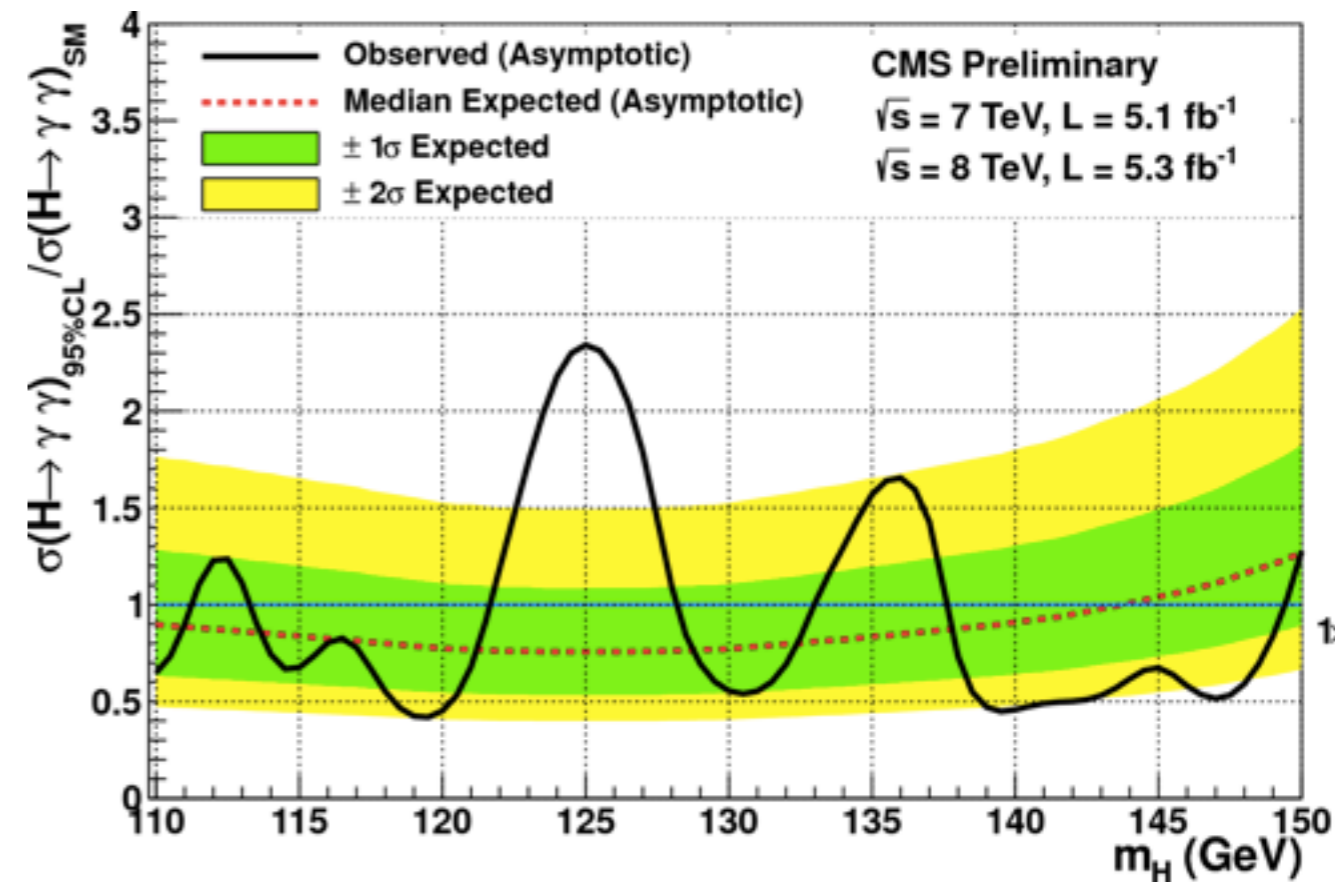


Βαρυτικά κύματα από μαύρες τρύπες



Τι μαθαίνουμε από το Χιγκς;

- Η μάζα του είναι 125 GeV



- Παράγεται με περίπου δύο φορές το ρυθμό που προβλέπεται από το Καθιερωμένο Πρότυπο
- Έμμεση ένδειξη νέα σωματΙΑ κοντά στη μάζα του Χιγκς
- Αλλά, ακόμα καμία άμεση ένδειξη για νέα σωματΙΑ...

Μινιμαλισμός και Πληθώρα



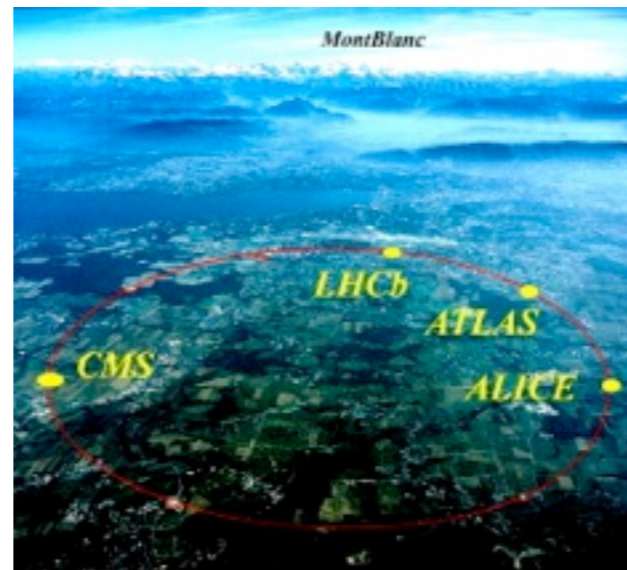


Πείραμα

Δεκαετία πειραματικών δεδομένων



Fermi (GLAST)



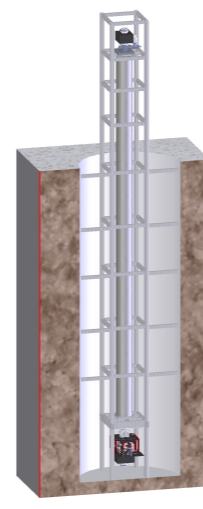
LHC



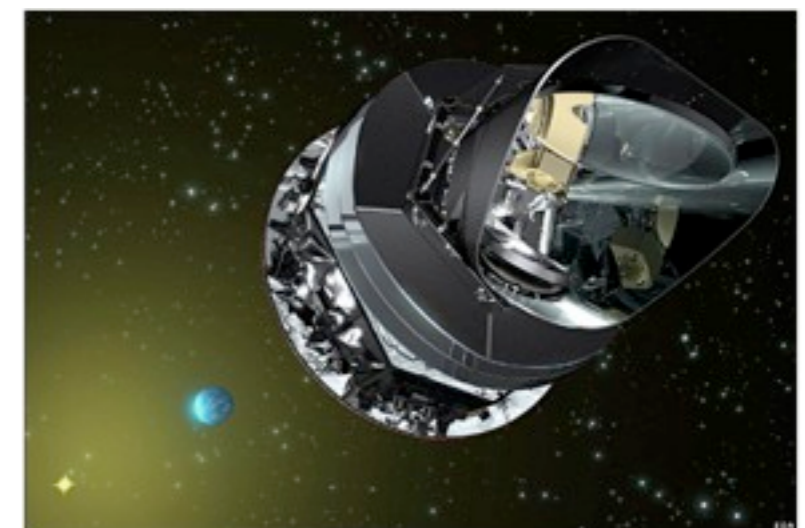
Advanced LIGO



Xenon 100



Atom Interferometry



Planck

Φιλοσοφία εναντίον Επιστήμης

- 16ος αιώνας: Πληθώρα ηλιακών συστημάτων εν. τηλεσκοπίου
- 21ος αιώνας: Πληθώρα συμπάντων εν. πειραματικής εξακρίβωσης