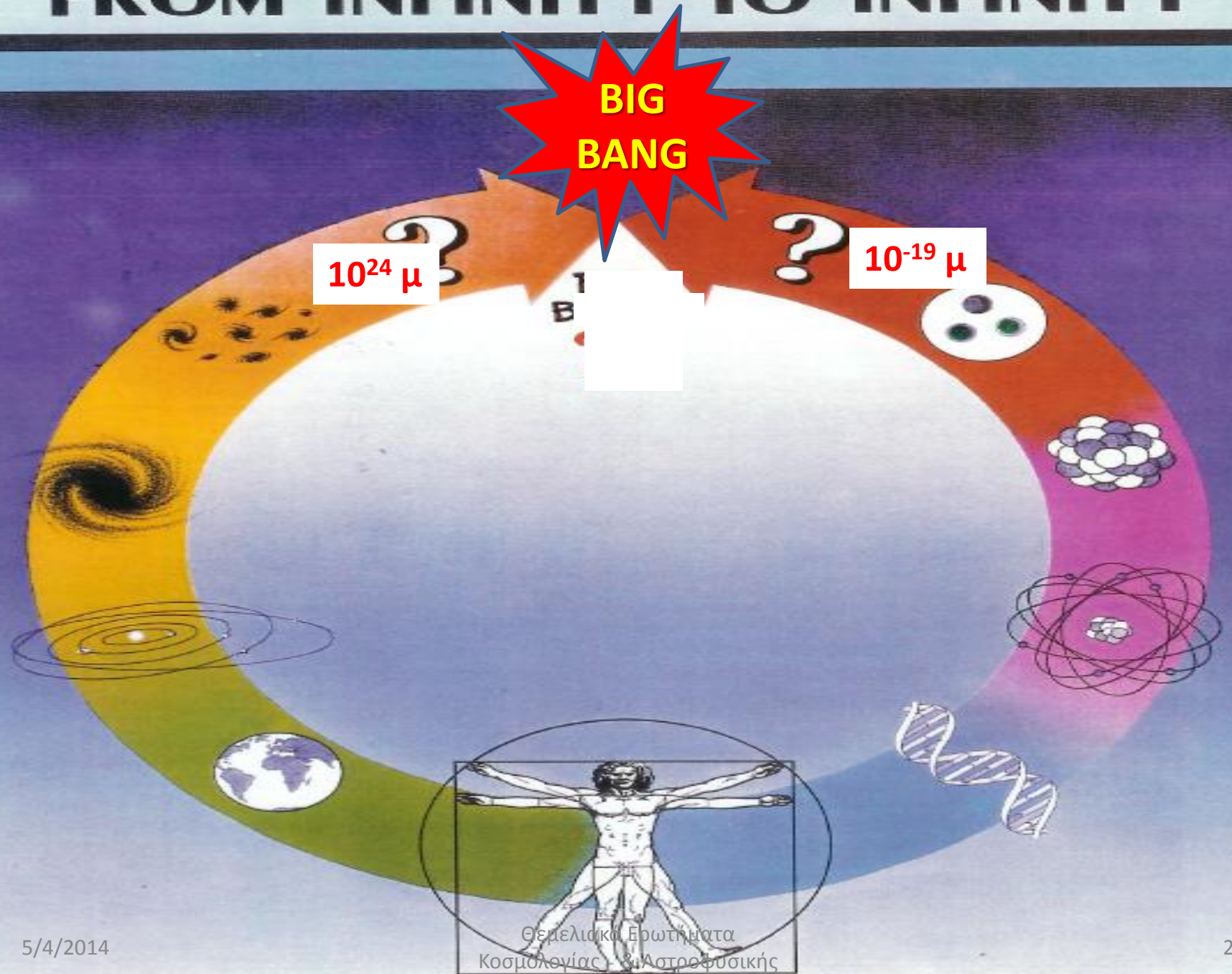


# Θεμελιακά Ερωτήματα Κοσμολογίας & Αστροφυσικής

Απόστολος Δ. Παναγιώτου  
Ομότιμος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών  
Επιστημονικός Συνεργάτης στο CERN

Σχολή Αστρονομίας και Διαστήματος  
Βόλος, 5 Απριλίου, 2014

# FROM INFINITY TO INFINITY

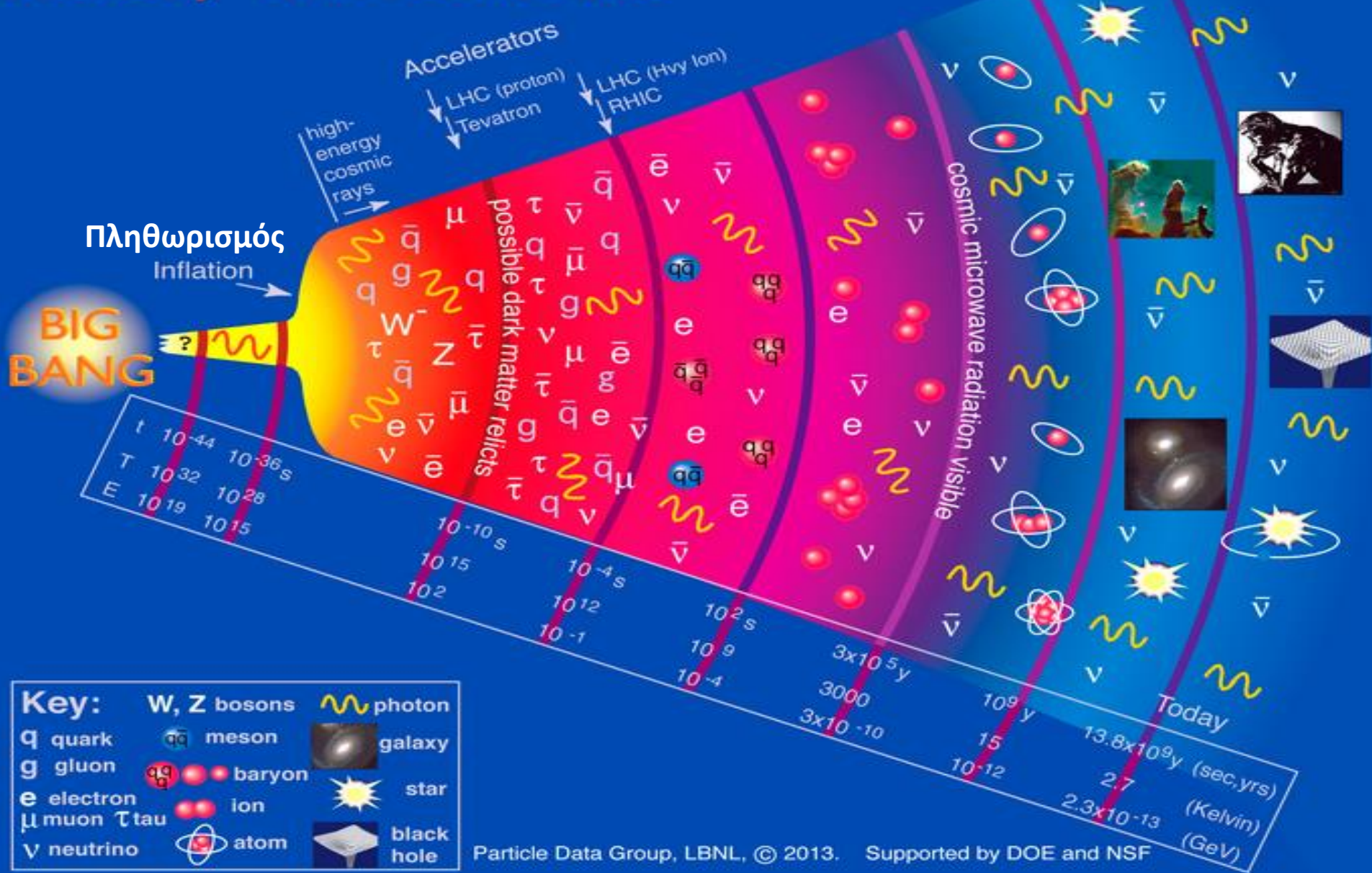


# Περιεχόμενα Ομιλίας

1. Κοσμολογικός Πληθωρισμός
2. Μελανές Οπές
3. Αστέρες Νετρονίων
4. Αστέρες Ύλης Κουάρκ
5. Σκοτεινή Ύλη
6. Σκοτεινή Ενέργεια



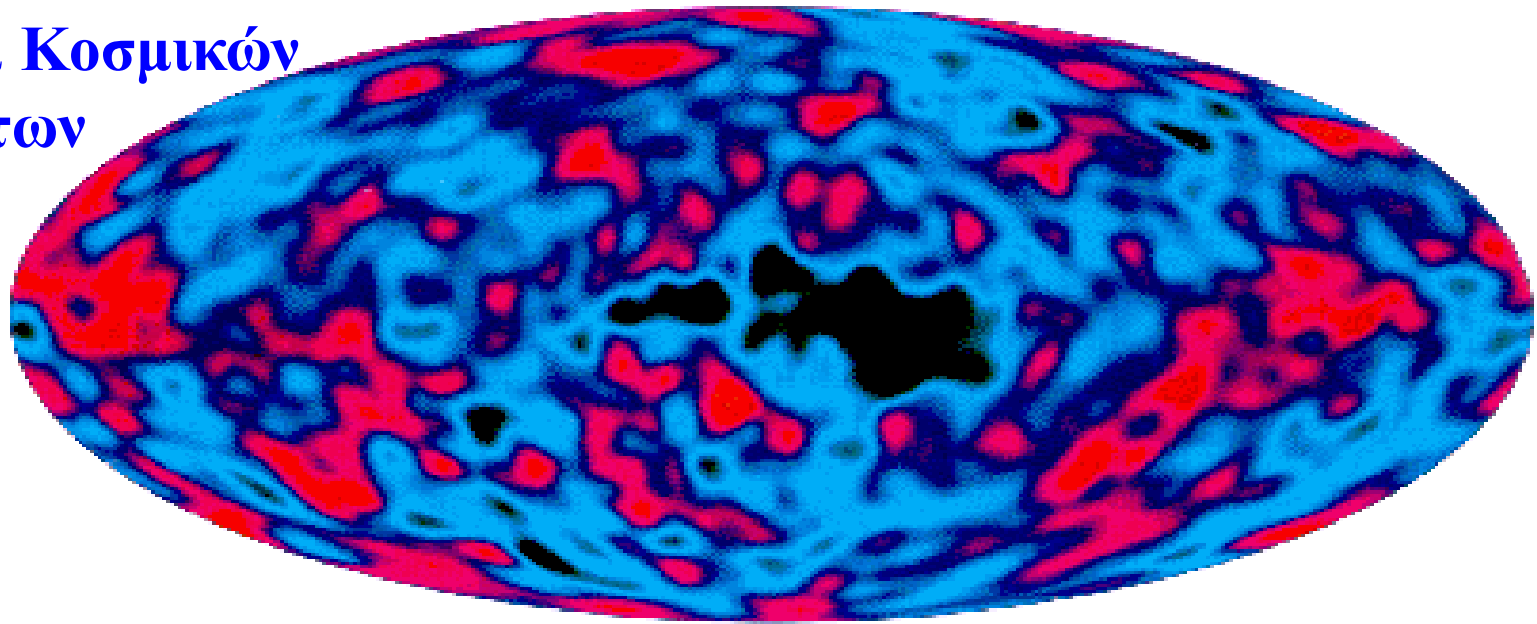
# History of the Universe



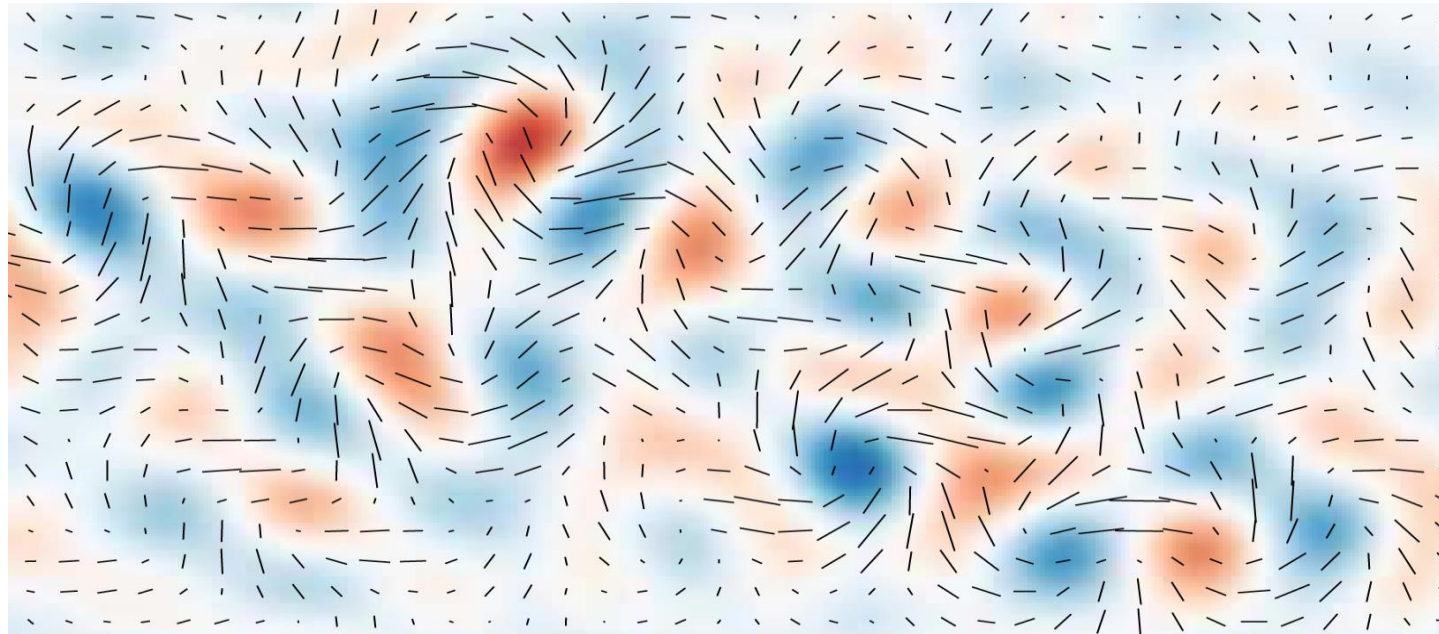
Particle Data Group, LBNL, © 2013. Supported by DOE and NSF

- Το 2002, ανακαλύφθηκε ότι η “**ακτινοβολία κοσμικών μικροκυμάτων υποβάθρου**” – μια αμυδρή ακτινοβολία που έχει απομείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη – ήταν πολωμένη, δηλαδή τα φωτεινά κύματα είχαν μια ελαφρά προτίμηση να δονούνται σε μια κατεύθυνση αντί σε κάποια άλλη.
- Αυτό ήταν ένα βήμα προς τον τελικό στόχο: **την ανίχνευση των Βαρυτικών Κυμάτων και του “Κοσμολογικού Πληθωρισμού”**.
- Βαρυτικά κύματα, συμπιέζοντας τον χώρο σε μία κατεύθυνση και εκτείνουντάς τον σε έναν άλλο καθώς περνούν, στρέφουν την κατεύθυνση της πόλωσης των μικροκυμάτων. Ως αποτέλεσμα, χάρτες της πόλωσης του φωτός στον ουρανό θα πρέπει να έχουν μικρά βέλη που δημιουργούν σπείρες.
- Ερευνητές από τη συνεργασία BICEP2 ανακοίνωσαν πριν λίγες ημέρες τις πρώτες άμεσες ενδείξεις που υποστηρίζουν αυτή τη θεωρία, γνωστή ως «Κοσμολογικός Πληθωρισμός”
- Τα στοιχεία τους αντιπροσωπεύουν τις πρώτες εικόνες των Βαρυτικών Κυμάτων, τις “πρώτες δονήσεις του Big Bang” !!.

# Ακτινοβολία Κοσμικών Μικροκυμάτων Υποβάθρου



# Πόλωση Ακτινοβολίας Κοσμικών Μικροκυμάτων Υποβάθρου



# Μελανές Οπές

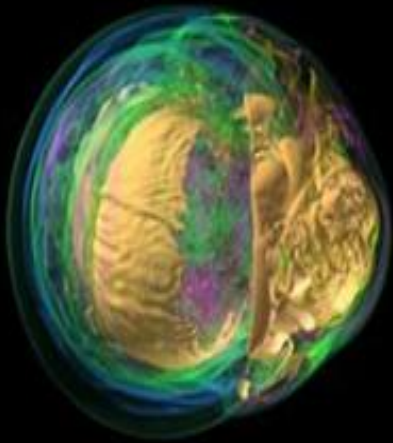


- “Μελανή Οπή” είναι μια συγκέντρωση μάζας, σημαντικά μεγάλης, ώστε η δύναμη της βαρύτητας να μην επιτρέπει σε οτιδήποτε να ξεφεύγει από αυτή.
- Το βαρυτικό πεδίο είναι τόσο δυνατό, ώστε η ταχύτητα διαφυγής κοντά του ξεπερνά την ταχύτητα του φωτός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι τίποτα, ούτε καν το φως, δεν μπορεί να ξεφύγει από τη βαρύτητα της μελανής οπής, εξ ου και η λέξη “μελανή”.
- Αν μπορούσαμε να συμπιέσουμε τη Γη στο μέγεθος ενός κερασιού, θα την είχαμε μετατρέψει σε μία μελανή οπή. Αν συμπυκνώναμε τον Ήλιο σε μια ακτίνα τριών χιλιομέτρων (στα  $4 \times 10^{-6}$  του τωρινού μεγέθους), θα είχε μετατραπεί σε μελανή οπή !.



“Μελανή οπή” είναι το κατάλοιπο ενός γιγάντιου άστρου, τουλάχιστον 2.5 φορές μεγαλύτερο από τον Ήλιο, και το οποίο στην τελική φάση της εξέλιξής του έχασε ενάντια στη βαρύτητα, με αποτέλεσμα τα υλικά του να καταρρεύσουν και να συμπιεστούν υπέρμετρα.

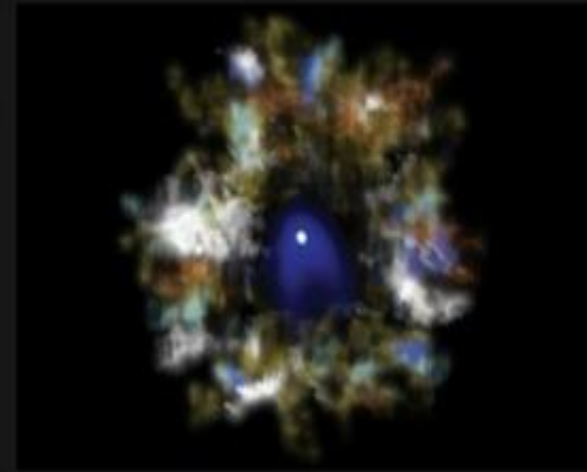
## TYPE II SUPERNOVAE:



After losing the ability to stably fuse heavy elements, the star can no longer retain a gravitational equilibrium, thus the core collapses in on itself.

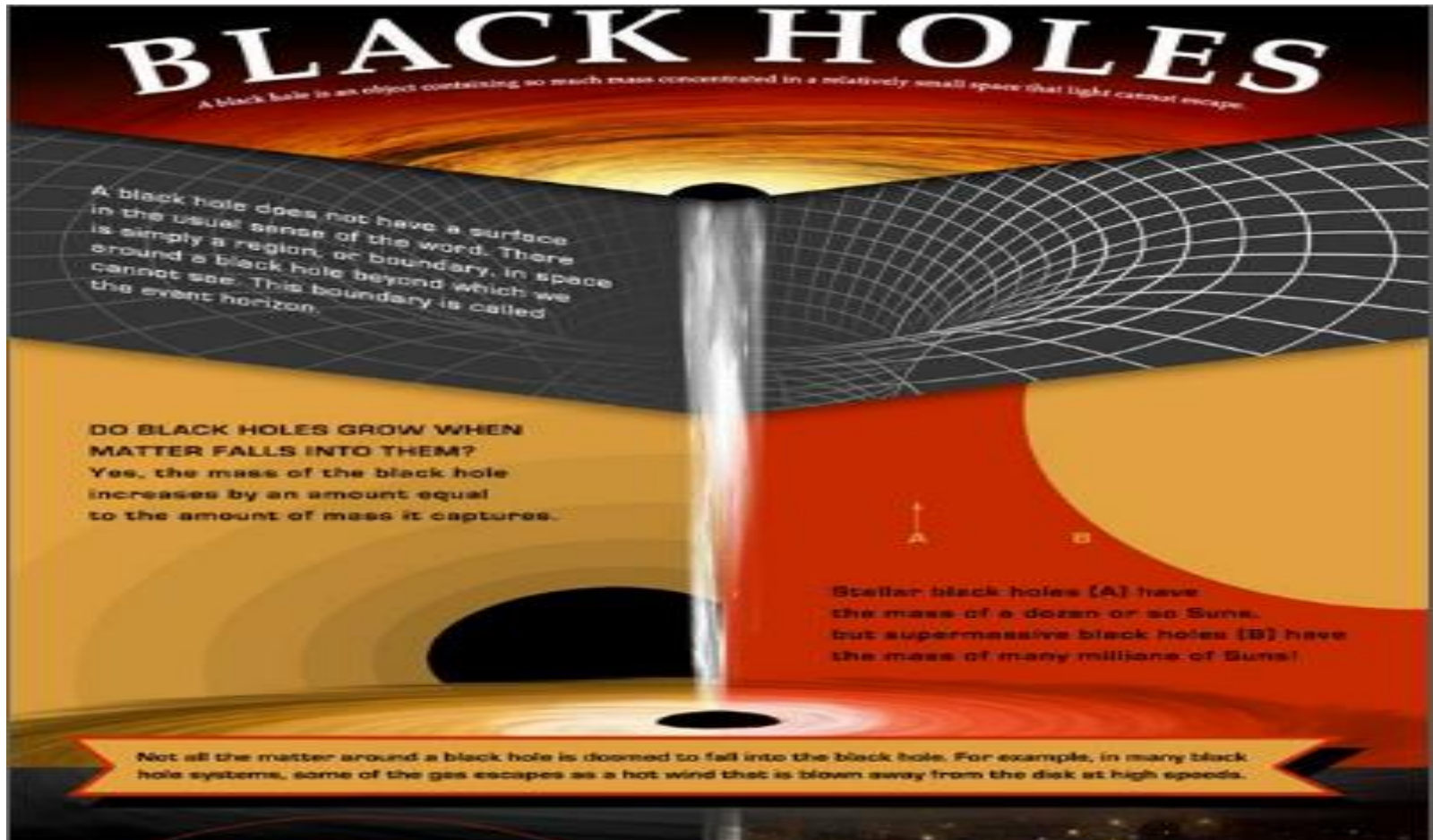


The core rebounds in quick succession, subsequently releasing the outerlayers of gas off into space — forming a nebula.



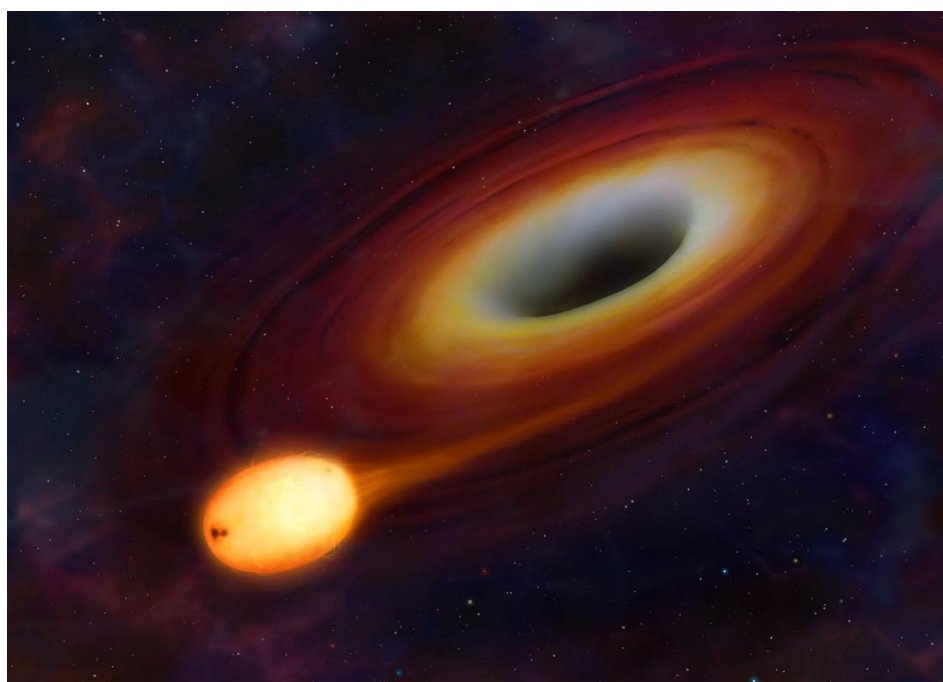
After the dust settles, a neutron star or black hole is left behind (which one will hinge on the star's mass)

- Το καθοριστικό χαρακτηριστικό μιας Μελανής Οπής είναι η εμφάνιση ενός “**ορίζοντα γεγονότων**” στο χωροχρόνο, μέσα από το οποίο η ύλη και το φως δεν μπορούν να εξέλθουν.
- Ο ορίζοντας γεγονότων δεν είναι μια επιφάνεια του υλικού, αλλά απλώς μια μαθηματική έννοια οριοθέτησης συνόρου.





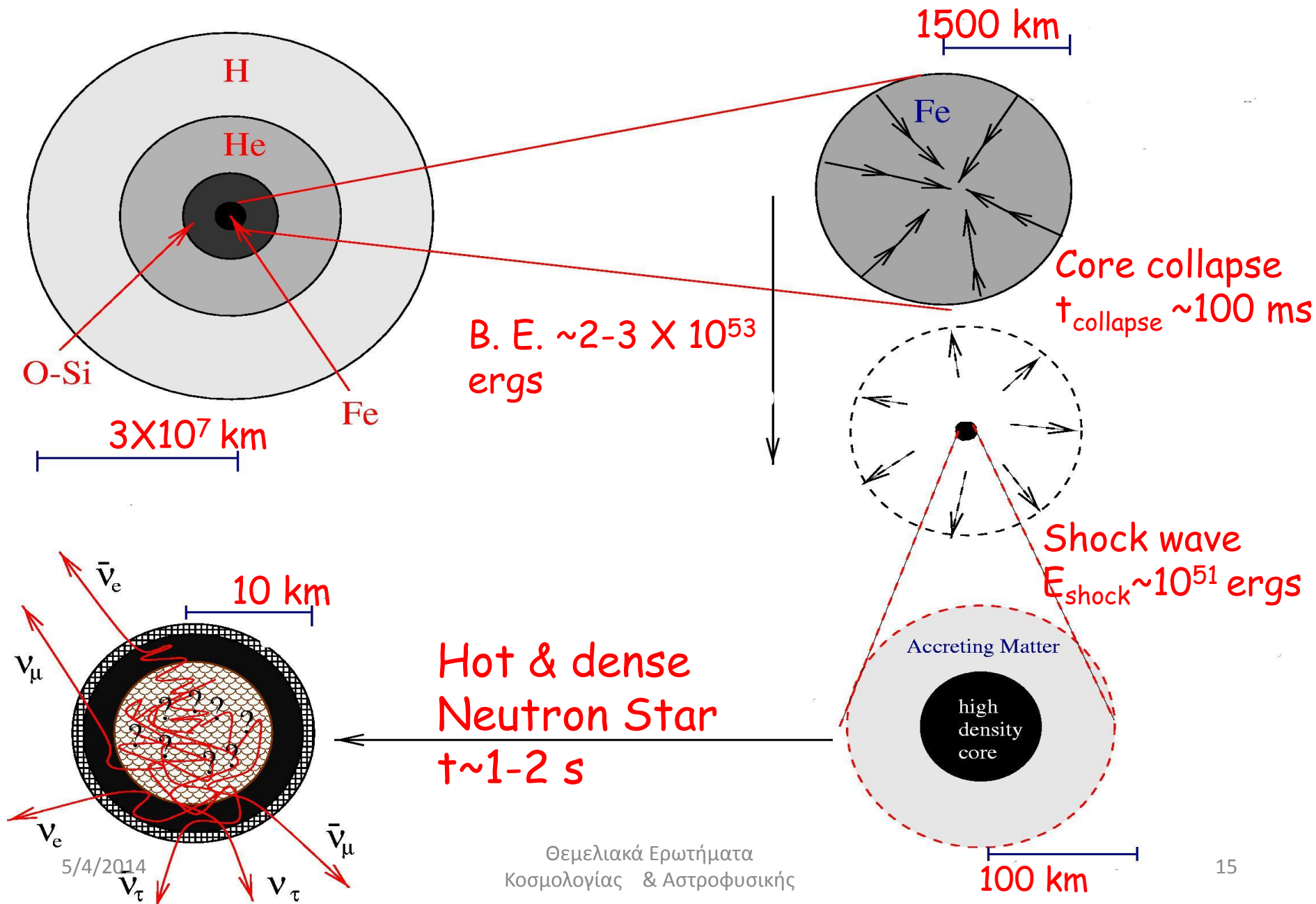
- Οι μελανές οπές δεν μπορούν να εκπέμψουν καμία Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ή άλλη πληροφορία που θα μπορούσε να επιβεβαιώσει την ύπαρξή τους.
- Μπορούν να ανιχνευτούν όμως με την μελέτη φαινομένων γύρω τους, όπως η βαρυτική διάθλαση του φωτός, και τα αστρικά σώματα που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από χώρο όπου δεν φαίνεται να υπάρχει εμφανής ύλη.
- Τα πιο εμφανή αποτελέσματα προέρχονται από ύλη που πέφτει μέσα σε μια μαύρη οπή, η οποία αρχικά συγκεντρώνεται σε ένα εξαιρετικά θερμό και γρήγορα περιστρεφόμενο δίσκο γύρω από τη μελανή οπή, πριν εισέλθει σε αυτή. Ο δίσκος αυτός λέγεται “**δίσκος προσαύξησης**” και ακτινοβολεί μεγάλη ποσότητα ακτίνων Χ.



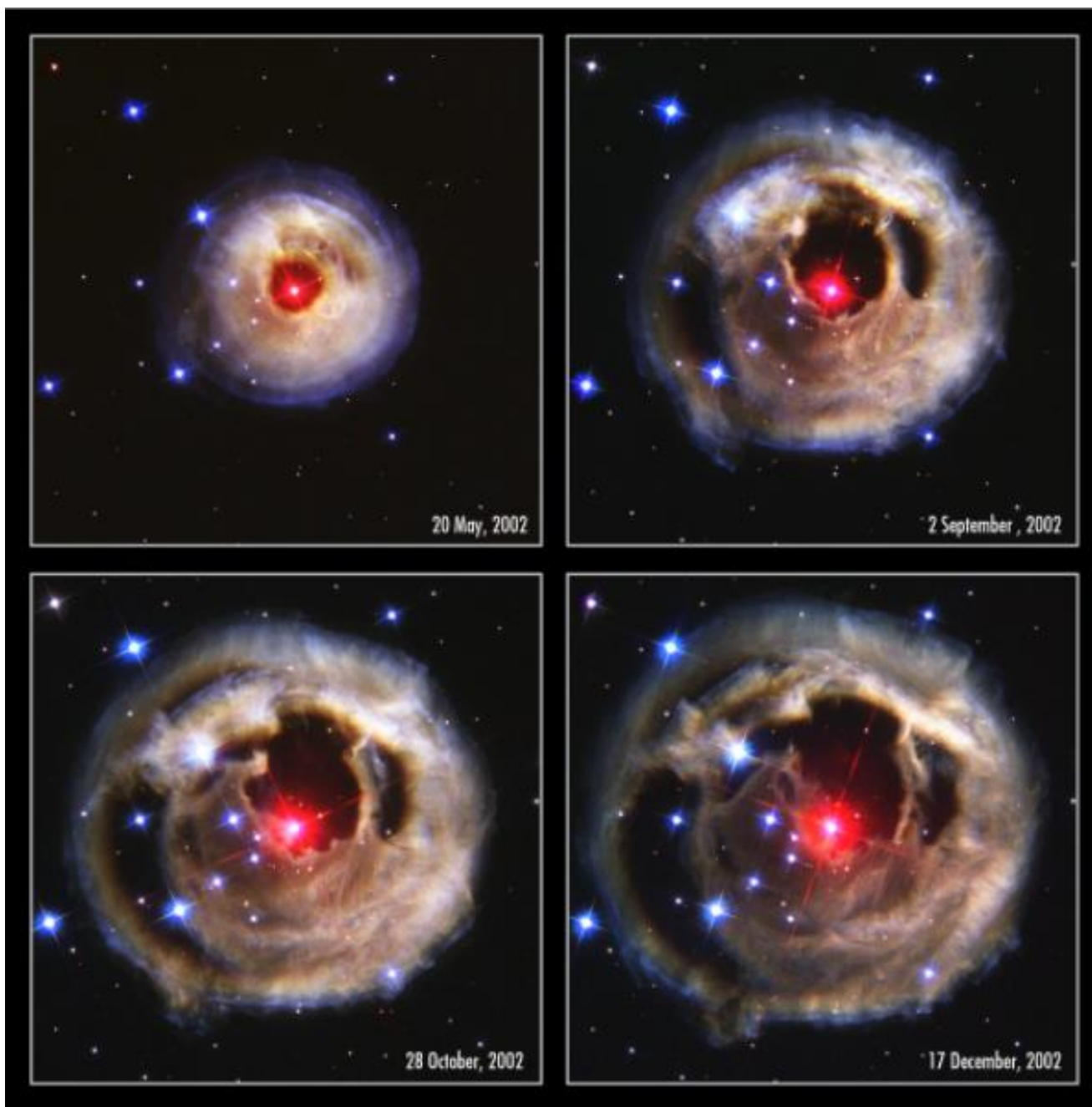


# Αστέρες Νετρονίων

# Έκρηξη Supernova - Δημιουργία Αστέρων Νετρονίων



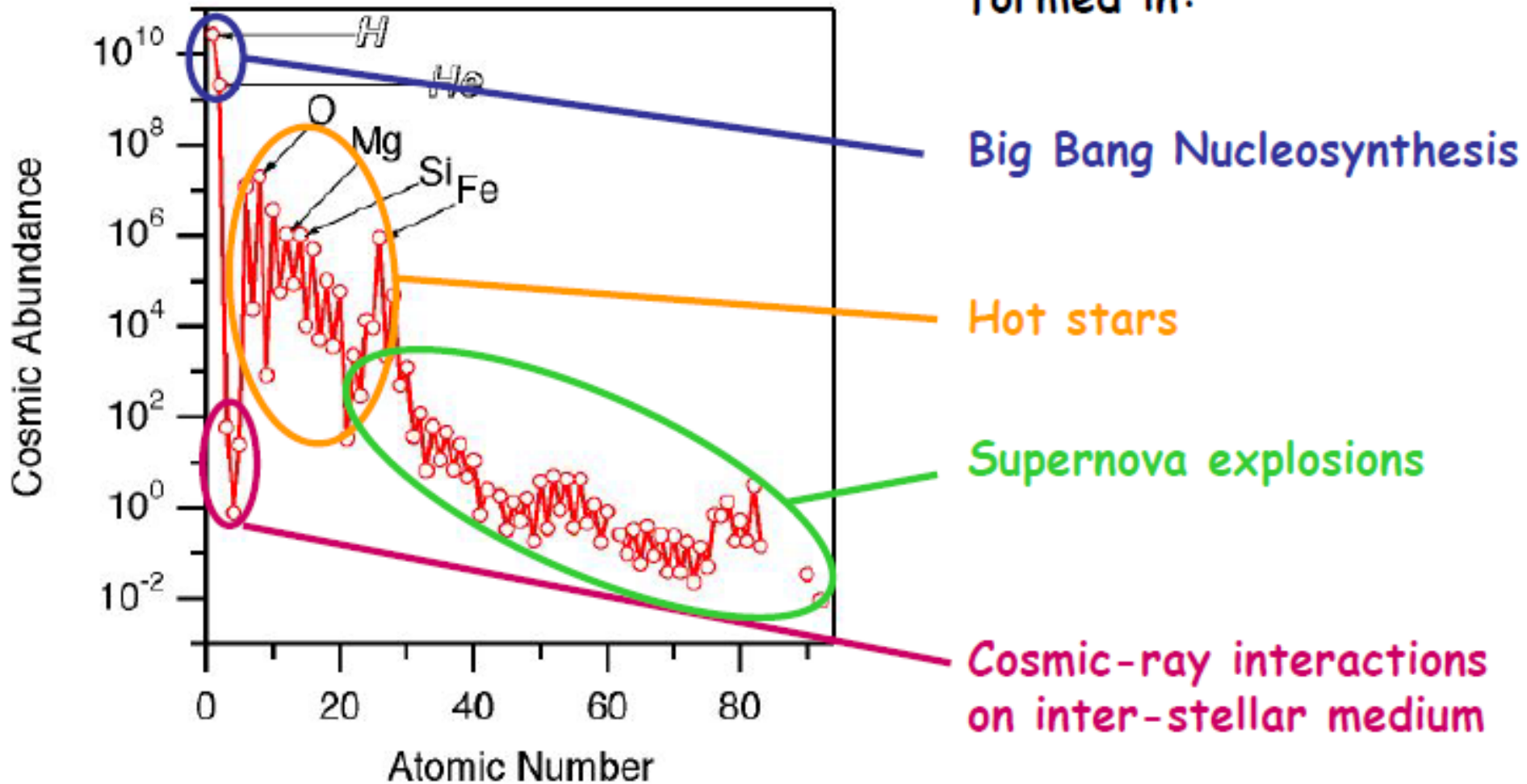








# Origin of elements

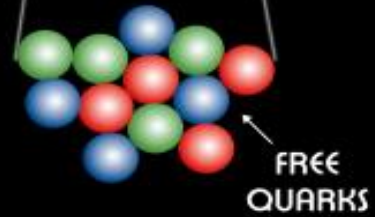
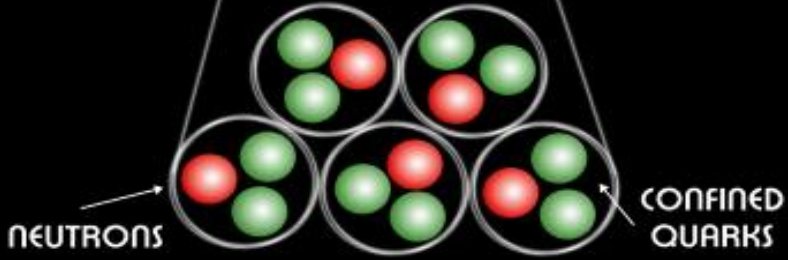
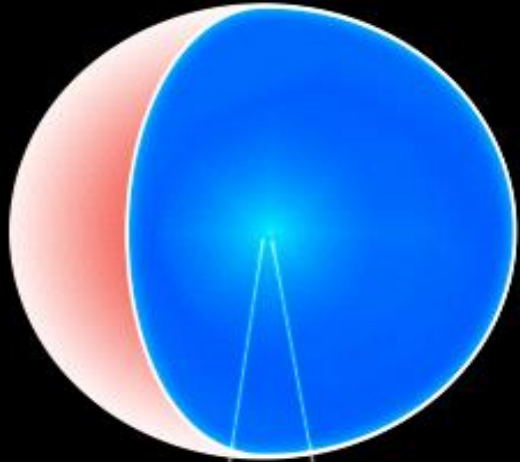
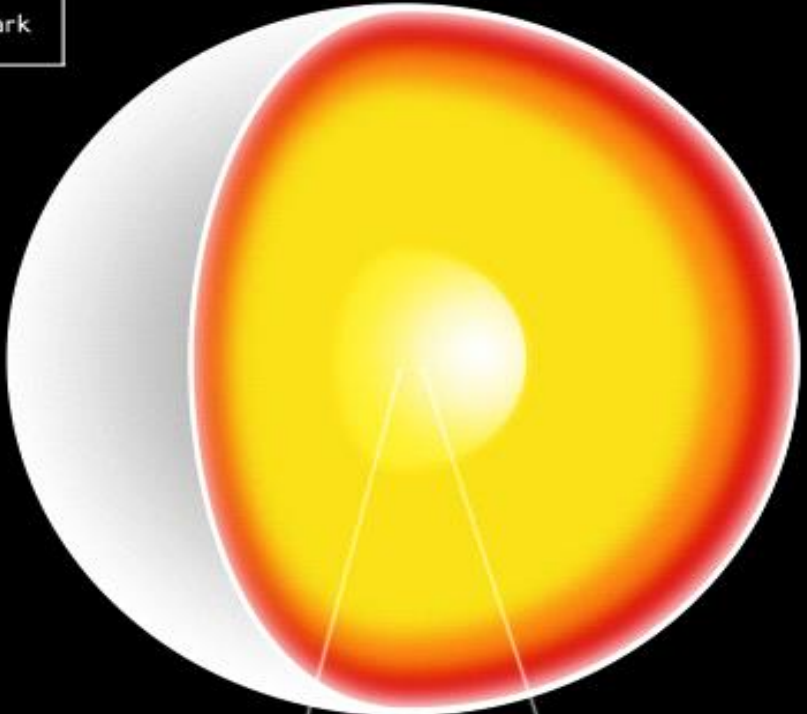


# Αστέρες Ύλης Κουάρκ

- Up Quark
- Down Quark
- Strange Quark

### Neutron Star

### Strange Quark Star





Several astronomers have suggested that black holes do not exist and that quark stars should take their place in preexisting models. But have we found any yet?



Neutron  
Star

Quark  
Star

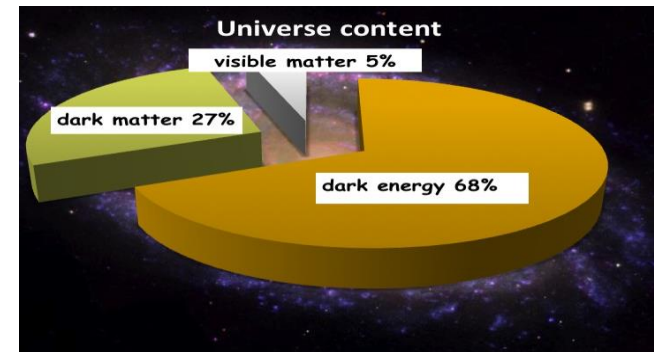
(This image shows the size difference between the typical neutron star and a highly theoretical quark star)

# ΣΚΟΤΕΙΝΗ Ύλη

- Η Σκοτεινή Ύλη είναι ένας τύπος ύλης, που συνεισφέρει κατά μεγάλο ποσοστό στη συνολική μάζα του σύμπαντος.
- Η σκοτεινή ύλη δε μπορεί να παρατηρηθεί απευθείας. Προφανώς δεν εκπέμπει ούτε απορροφά φως ή άλλη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε σημαντικό βαθμό. Ούτε αλληλεπιδρά ισχυρά με την ύλη, ώστε να ανιχνευτεί.
- Η ύπαρξη και οι ιδιότητές της βασίζονται στις βαρυτικές επιδράσεις πάνω στην ορατή ύλη & ακτινοβολία και στη μεγάλης κλίμακας δομή του σύμπαντος.

- Σύμφωνα με την ερευνητική αποστολή Planck, η συνολική ύλη-ενέργεια του σύμπαντος περιέχει:

4.9% ορατή Ύλη  
 26.8% σκοτεινή Ύλη  
 68.3% σκοτεινή Ενέργεια



- Συνεπώς, η σκοτεινή ύλη υπολογίζεται ότι συνεισφέρει:
  - 84.5% στη συνολική Ύλη
  - 26.8% στο συνολικό περιεχόμενο του σύμπαντος.





## Τρόποι εντοπισμού της Σκοτεινής Ύλης

- Η ύπαρξη Σκοτεινής Ύλης μπορεί να διαπιστωθεί από τα βαρυτικά αποτελέσματα σε ορατή ύλη, όπως αστέρια και γαλαξίες.
- Η υπόθεση της σκοτεινής ύλης έχει ως στόχο να εξηγήσει διάφορες αστρονομικές παρατηρήσεις που δεν συμφωνούν με τη θεωρία για τη βαρύτητα, όπως ανωμαλίες στην ταχύτητα περιστροφής των αστεριών στις παρυφές των γαλαξιών.
- Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, πράγμα που εξηγείται με τη θεώρηση της ύπαρξης μιας μεγάλης ποσότητας μάζας που δεν μπορούμε ακόμη να ανιχνεύσουμε.
- Η ύπαρξη και αναγνώριση της σκοτεινής ύλης θα έλυνε ένα πλήθος προβλημάτων συνέπειας στη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης.



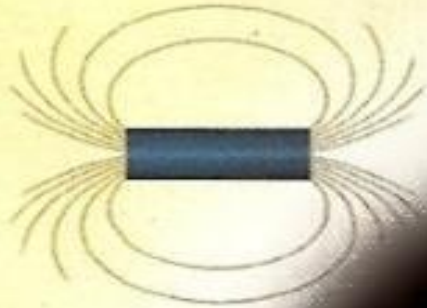
# ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

# The Fifth Fundamental Force:

*Some physicists have postulated that we are missing one fundamental force of nature, which could provide answers to many conundrums in modern physics.*

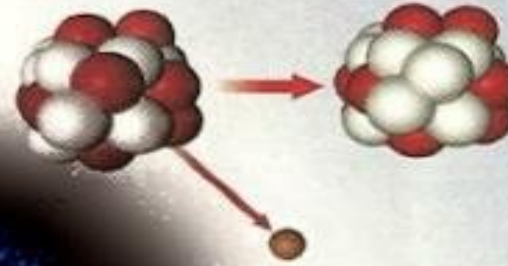
## ELECTROMAGNETISM

Range: Infinite  
Explains:  
Light,  
chemistry,  
electronics



## WEAK NUCLEAR

Range:  $10^{-18}$  m  
Explains:  
Radioactive  
beta decay,  
burning of sun

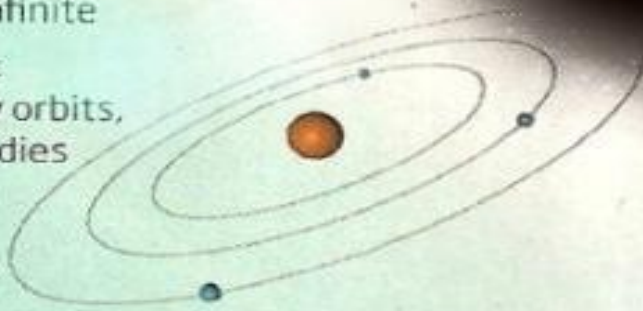


## THE FIFTH FORCE

Explains: Gravity,  
Dark Energy

## GRAVITY

Range: Infinite  
Explains:  
Planetary orbits,  
falling bodies



## STRONG NUCLEAR

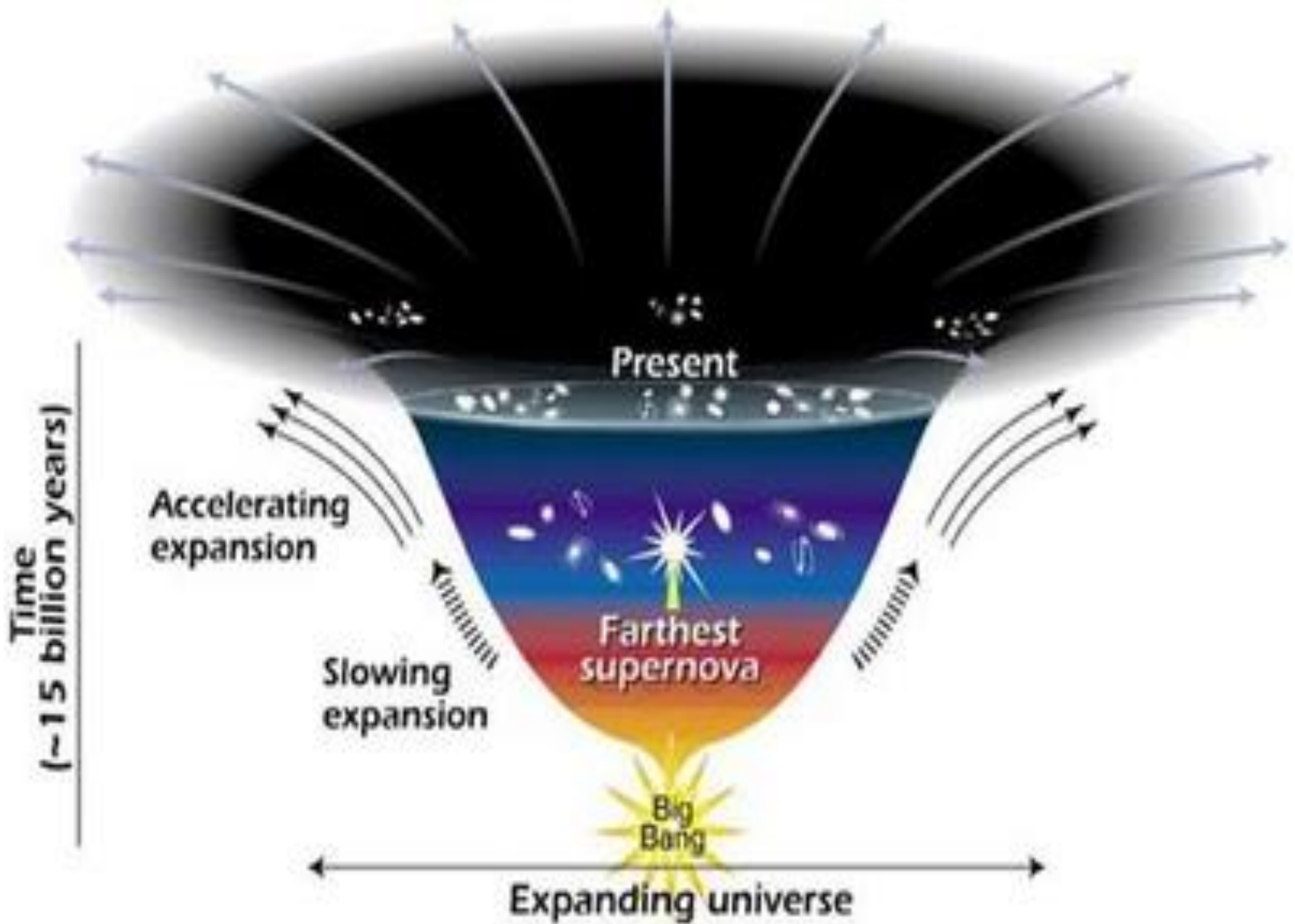
Range:  $10^{-15}$  m  
Explains: Atomic  
nuclei, how quarks  
sit together  
inside protons  
and neutrons



- Στη Κοσμολογία και στην Αστρονομία, η Σκοτεινή **Ενέργεια** είναι ένα υποθετικό είδος ενέργειας, που εκτείνεται παντού στο σύμπαν και επιταχύνει τη διαστολή του.
- Η σκοτεινή ενέργεια είναι η πιο αποδεκτή υπόθεση για να εξηγηθούν παρατηρήσεις που δείχνουν ότι το σύμπαν διαστέλλεται με επιταχυνόμενο ρυθμό.
- Σύμφωνα με δεδομένα από το διαστημικό παρατηρητήριο Planck, και βασιζόμενοι στο Καθιερωμένο Πρότυπο της Κοσμολογίας, η συνολική μάζα-ενέργεια του σύμπαντος φαίνεται να περιέχει:


**4.9%**    συνήθη ύλη  
**26.8%**    σκοτεινή ύλη  
**68.3%**    σκοτεινή ενέργεια

- **Η Σκοτεινή Ενέργεια** είναι το πιο περίεργο και πιο “κοινό πράγμα” στο σύμπαν.
- Είναι σαν ένα συνεχές εξαιρετικά ελαστικό μέσο, με το πιο σημαντικό και ιδιαίτερο χαρακτηριστικό:  
**η “Βαρύτητά” του απωθεί αντί να έλκει !!!**
- Για τα πρώτα ~ 9 δισεκατομμύρια χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, η ελκτική δύναμη της βαρύτητα της ύλης επιβράδυνε τη διαστολή του σύμπαντος.
- Πριν ~ 5 δισεκατομμύρια χρόνια, η απωστική δύναμη της σκοτεινής ενέργειας υπερέβη την ελκτική δύναμη της ύλης, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της διαστολής του σύμπαντος.
- Η σκοτεινή ενέργεια είναι το πιο βαθύ μυστήριο της επιστήμης και η λύση του γρίφου θα οδηγήσει σε εξελίξεις: από την κατανόηση της γέννησης του σύμπαντος μέχρι τη θεωρία των χορδών.





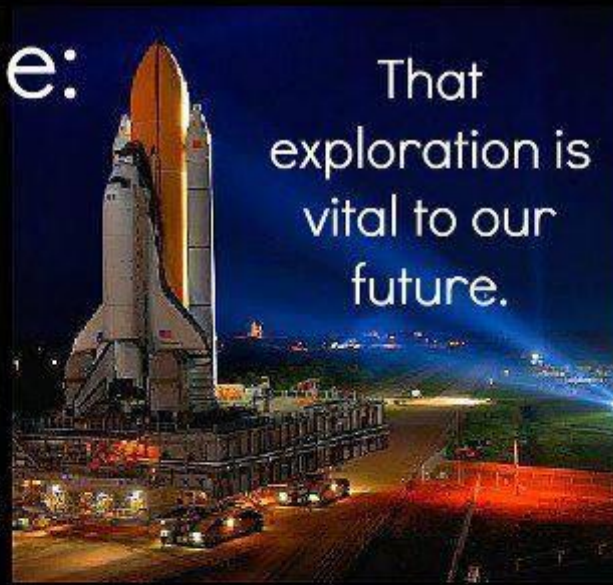
# Things Carl Sagan taught me:



That our planet is small and fragile.



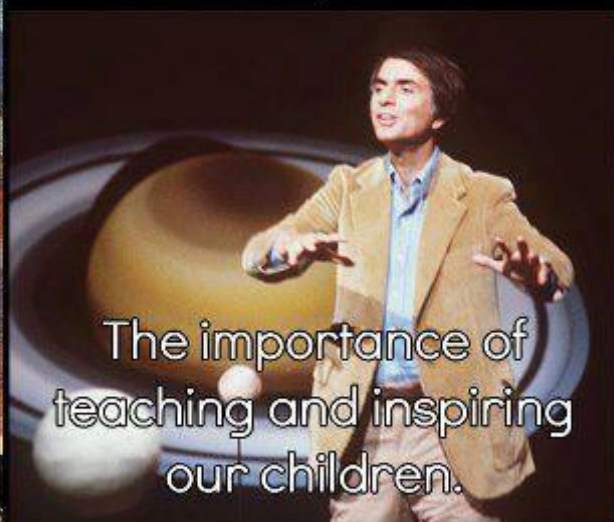
Our existence is new and brief and precious.



That exploration is vital to our future.



Our imagination can take us anywhere if we let it.



The importance of teaching and inspiring our children.



To look to the stars but treasure the Earth.

Most importantly, to deal more kindly with one another.

5/4/2014

Θεμελιώδη Ερωτήματα  
Κοσμολογίας & Αστροφυσικής