



Αστρονομία

Ενότητα # **10**: Τελικές Καταστάσεις
(Λευκοί Νάνοι – Αστέρρες Νετρονίων)

Νικόλαος Στεργιούλας
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.

Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

- *Κεφ. 11^ο Τελικές Καταστάσεις (Λευκοί Νάνοι - Αστέρες Νετρονίων)*

Ν. Στεργιούλας

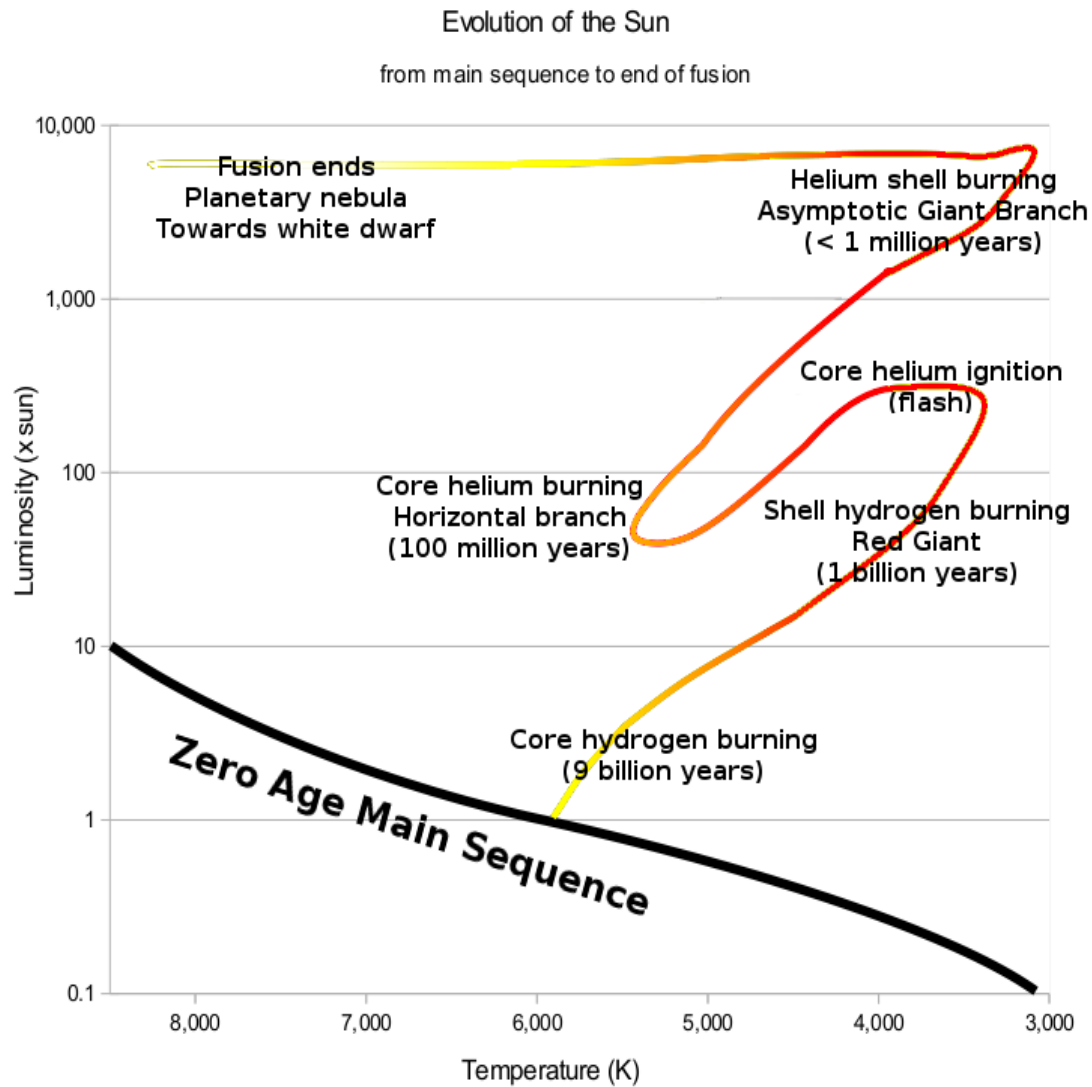
ΤΕΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

1) ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ

2) ΑΣΤΕΡΕΣ ΝΕΤΡΟΝ ΙΩΝ

3) ΜΕΛΑΝΕΣ ΟΠΕΣ

ΑΣΤΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ



Εικόνα 1: Η εξέλιξη ενός αστέρα με μέγεθος όμοιο με τον Ήλιο. Φαίνεται η έξοδος του αστέρα από την κύρια ακολουθία και η πορεία του προς την τελική κατάσταση (λευκός νάνος) [1].

ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ

Sirius B: ανακαλύφθηκε το 1862

$$L \sim 0.03 L_{\text{sun}}$$

$$M \sim 1 M_{\text{sun}}$$

$$T \sim 27,000 \text{ K}$$

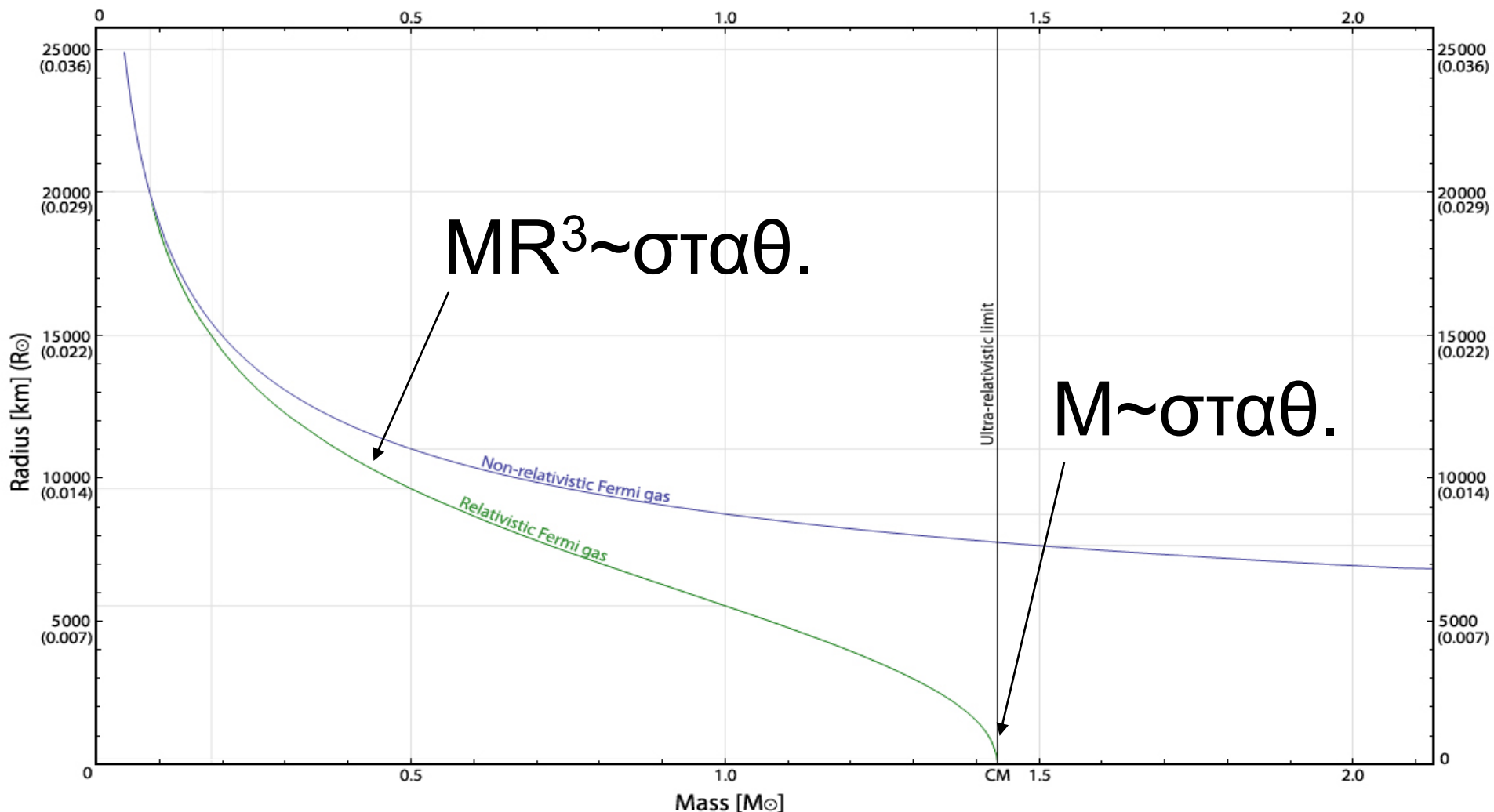
Από τον νόμο
Stefan-Boltzmann
βρίσκουμε άμεσα:

$$\Rightarrow R \sim R_{\text{Γης}} !$$



Εικόνα 2: Ο Λευκός Νάνος
Sirius B (κάτω αριστερά),
δίπλα στον αστέρα Sirius A[2].

ΣΧΕΣΗ ΜΑΖΑΣ-ΑΚΤΙΝΑΣ



Εικόνα 3: Γραφική παράσταση της ακτίνας ως συνάρτηση της μάζας (σε μονάδες ακτίνας και μάζας Ηλίου αντίστοιχα), για λευκό νάνο. Φαίνονται δύο διαφορετικές καμπύλες, για σχετικιστικό (μπλε) και μη-σχετικιστικό (πράσινο) αέριο εκφυλισμένων ηλεκτρονίων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΥΚΩΝ ΝΑΝΩΝ

Μάζα: $0.15 - 1.4 M_{\text{sun}}$ με μέγιστο της κατανομής στο $0.6 M_{\text{sun}}$

Ακτίνα: $5,000 - 15,000 \text{ km}$

Εσωτερική θερμοκρασία: $10^6 - 10^7 \text{ K}$

Επιφανειακή θερμοκρασία: $4,000 - 150,000 \text{ K}$

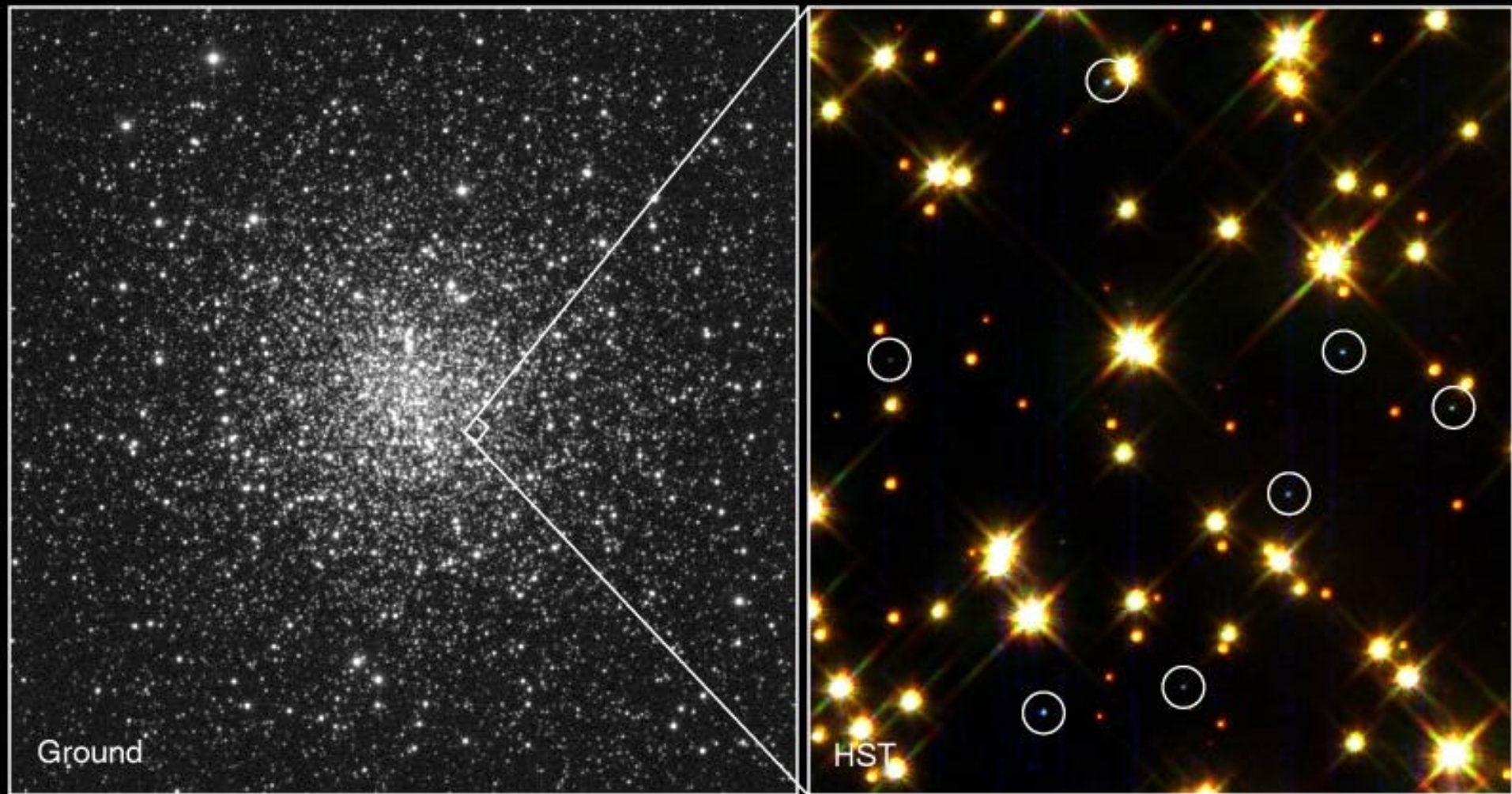
Μεγάλης ηλικίας Λ.Ν. έχουν κρυσταλλοποιημένο εσωτερικό.

ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ



Εικόνα 4: Λευκός νάνος εντός του πλανητικού νεφελώματος NGC 2440, ένας από τους θερμότερους λευκούς νάνους που έχουν παρατηρηθεί [4].

ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ



White Dwarf Stars in M4

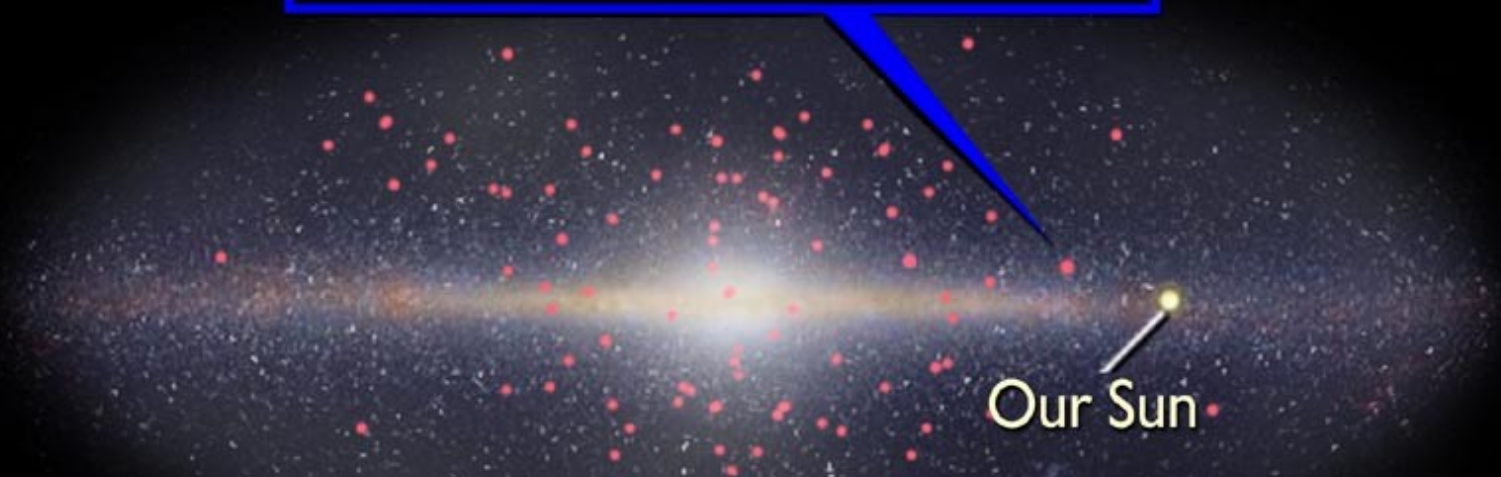
HST • WFPC2

PRC95-32 • ST ScI OPO • August 28, 1995 • H. Bond (ST ScI), NASA

Εικόνα 5: Οπτική εικόνα (αριστερά) και τμήμα της εικόνας από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble (δεξιά), στο σμήνος M4. Οι λευκοί νάνοι είναι κυκλωμένοι [5].

ΣΦΑΙΡΩΤΑ ΑΣΤΡΙΚΑ ΣΜΗΝΗ

Globular Cluster M4



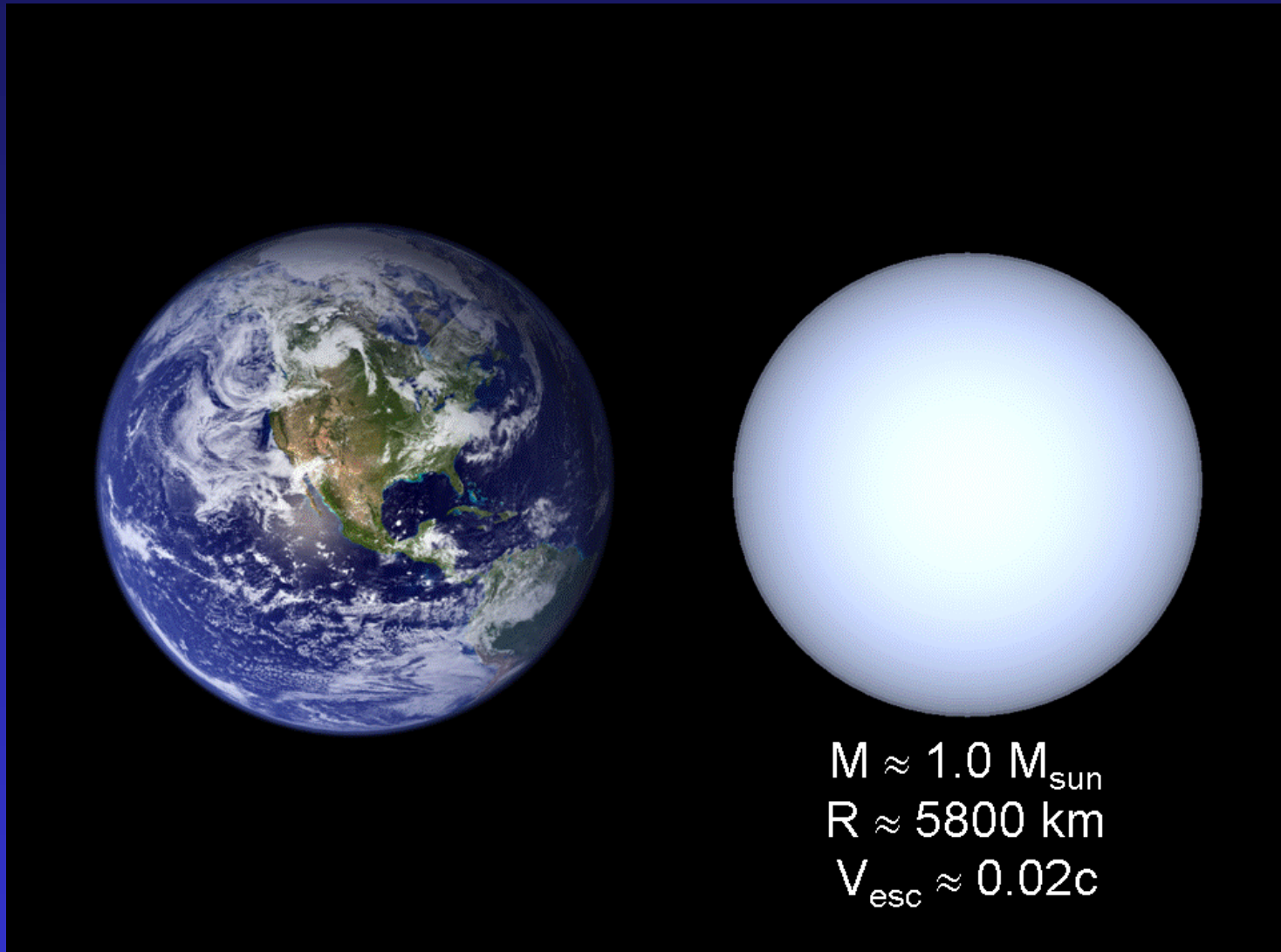
Globular clusters, represented here as red dots, are the oldest datable objects in the universe.

Artist's conception of edge-on view of Milky Way

(100,000 light years)

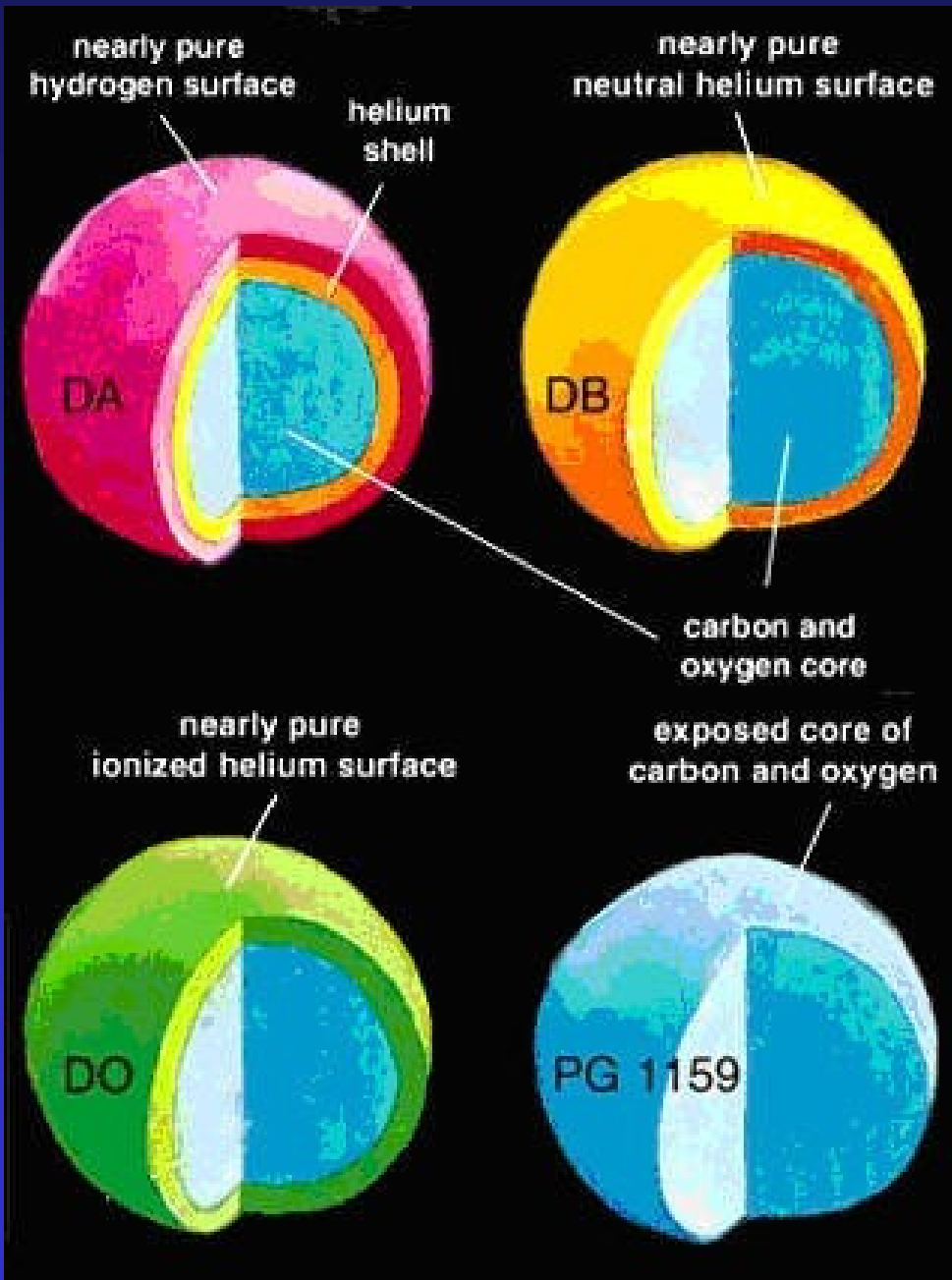
Εικόνα 6: Η θέση του σφαιρωτού σμήνους M4 στο Γαλαξία [6].

ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ



Εικόνα 7: Σύγκριση μεγέθους της Γης με λευκό νάνο [7].

ΛΕΥΚΟΙ ΝΑΝΟΙ



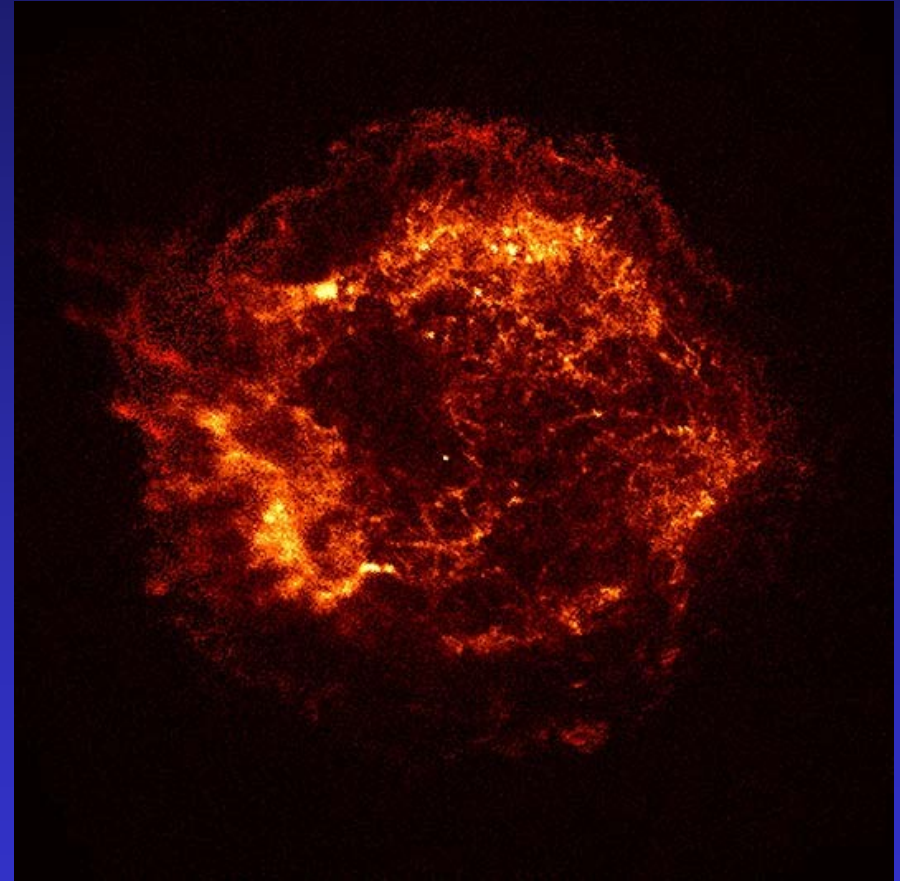
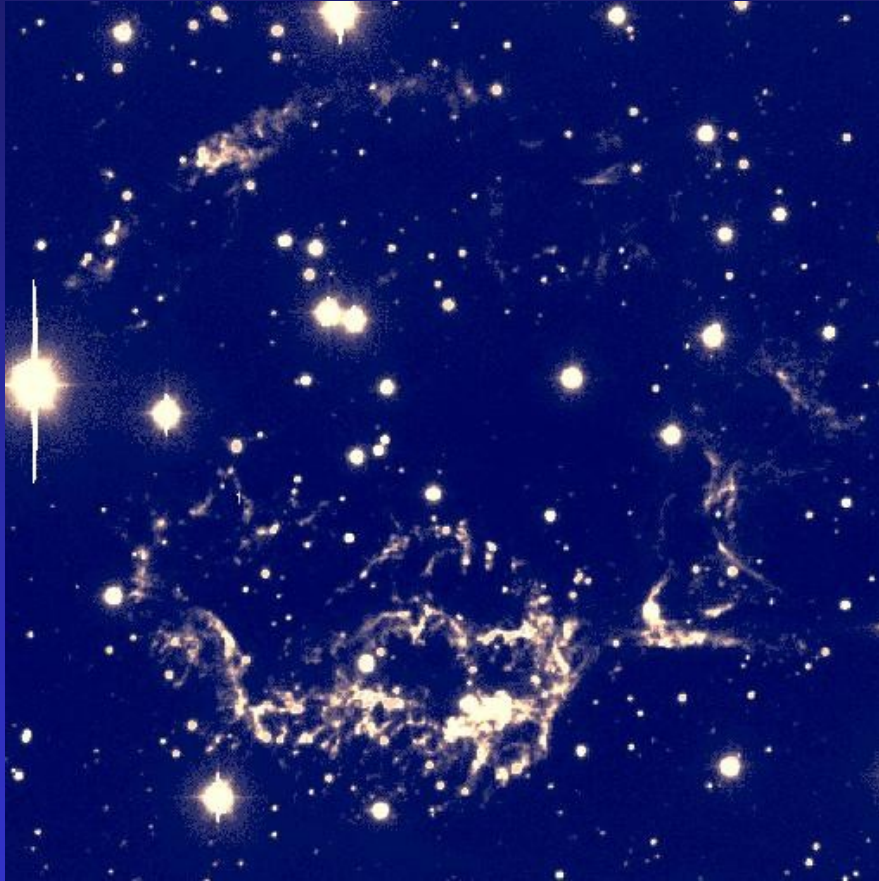
Εικόνα 8: Εσωτερική Δομή διαφόρων τύπων Λευκών Νάνων [8].

Υπολείμματα Υπερκαινοφανούς

ΟΠΤΙΚΑ

ΑΚΤΙΝΕΣ-Χ

Αστέρας Νετρονίων !

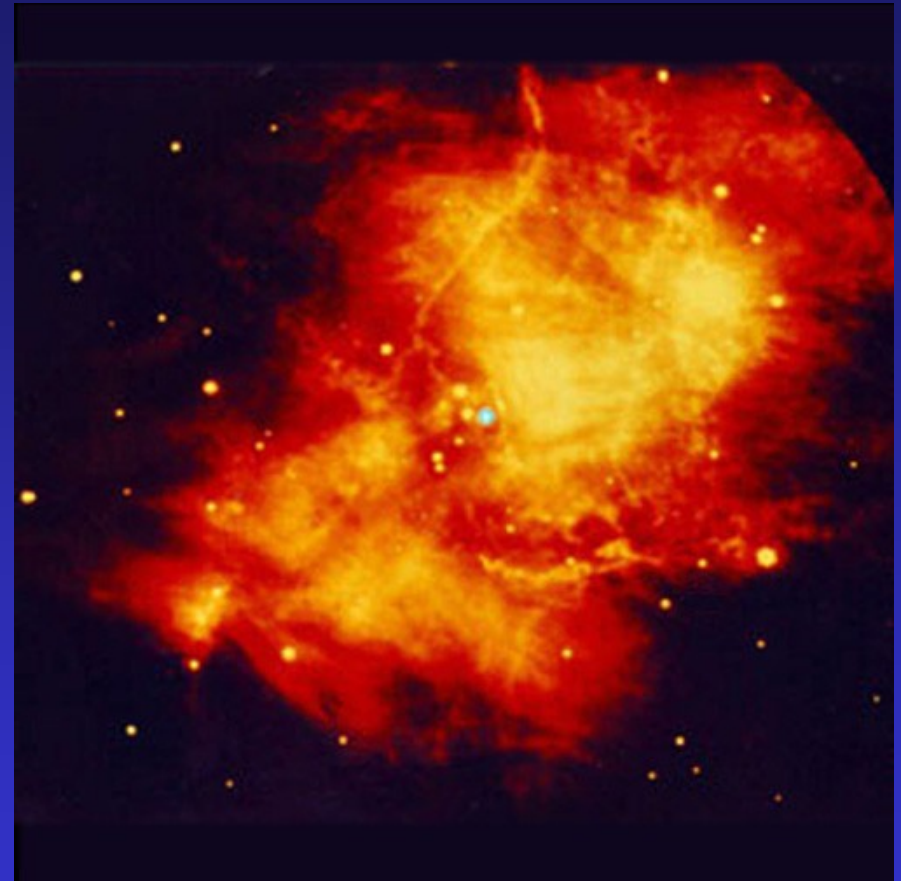
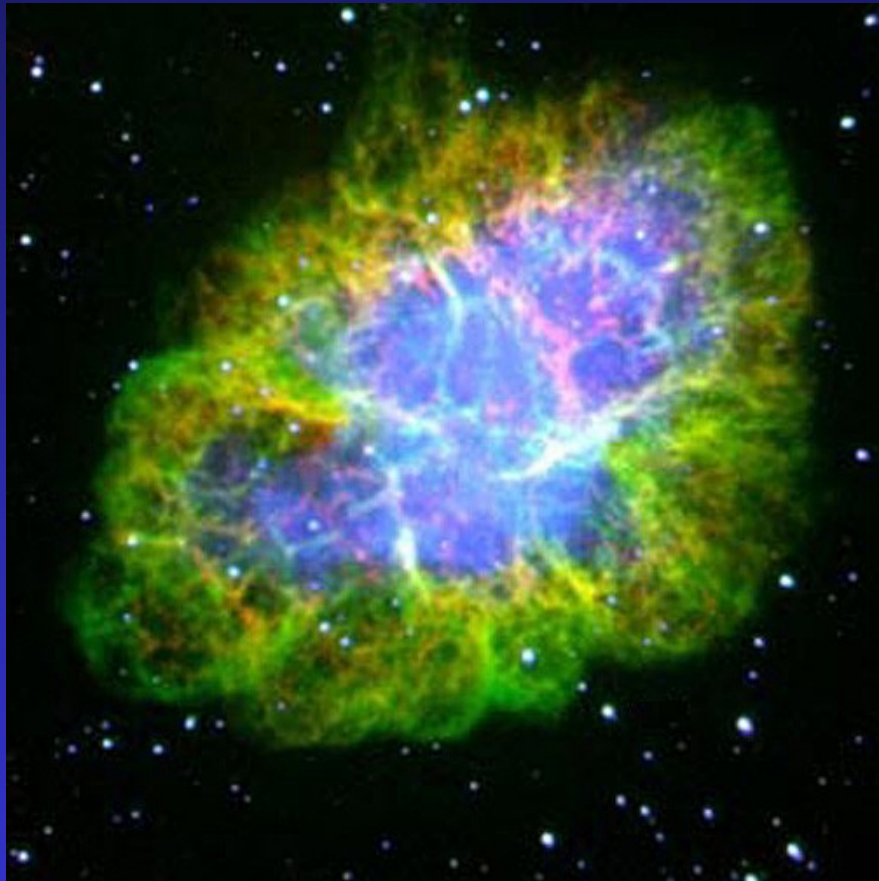


Εικόνα 9: Το υπόλειμμα του υπερκαινοφανούς Cassiopeia A στο οπτικό (αριστερά) και σε ακτίνες Χ (δεξιά) [9].

Υπερκαινοφανής στο Νεφέλωμα του Καρκίνου

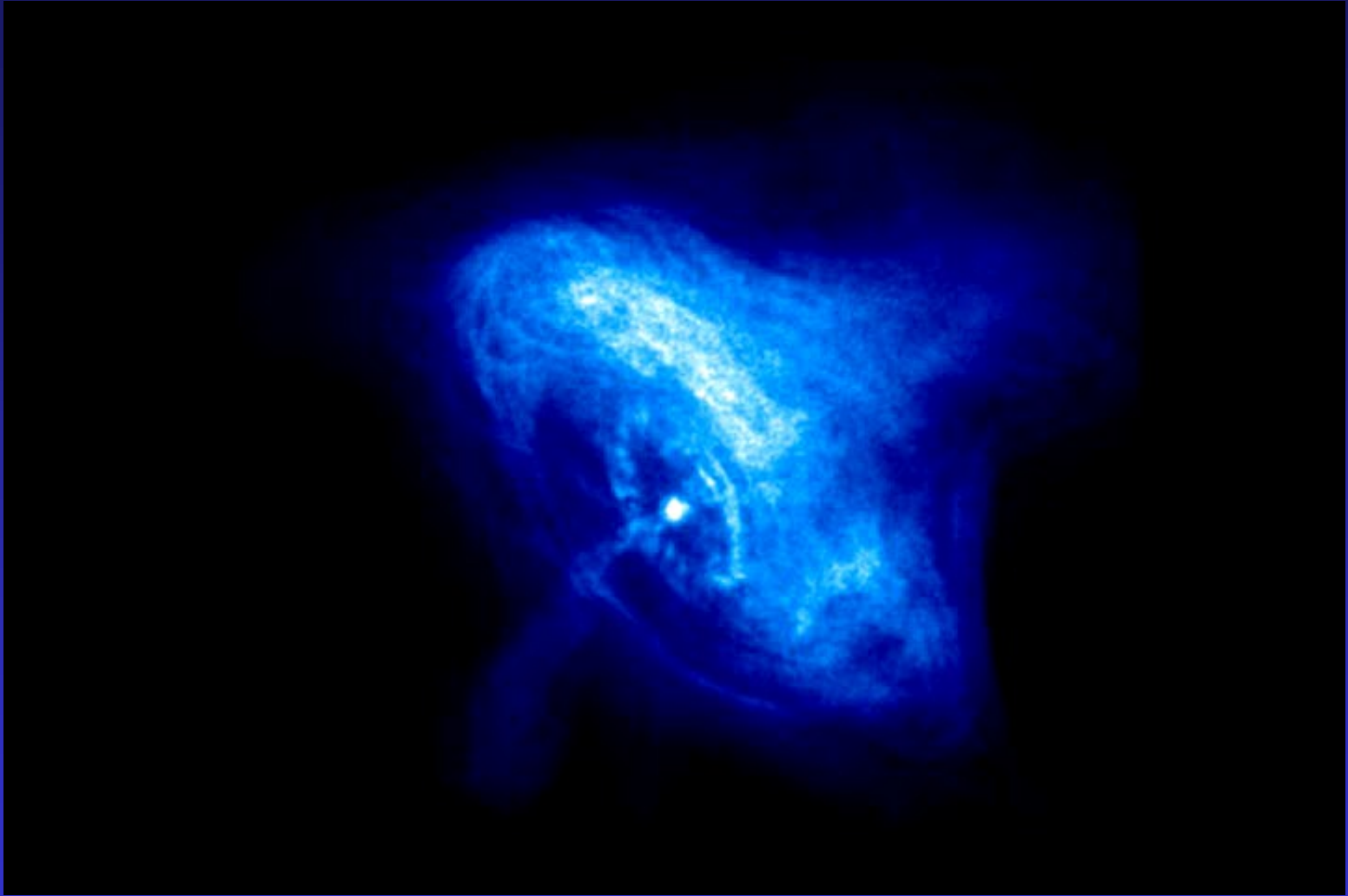
ΟΠΤΙΚΟ
(Ενδιάμεσες ενέργειες)

ΥΠΕΡΥΘΡΟ
(Ενέργειες < Οπτικού)



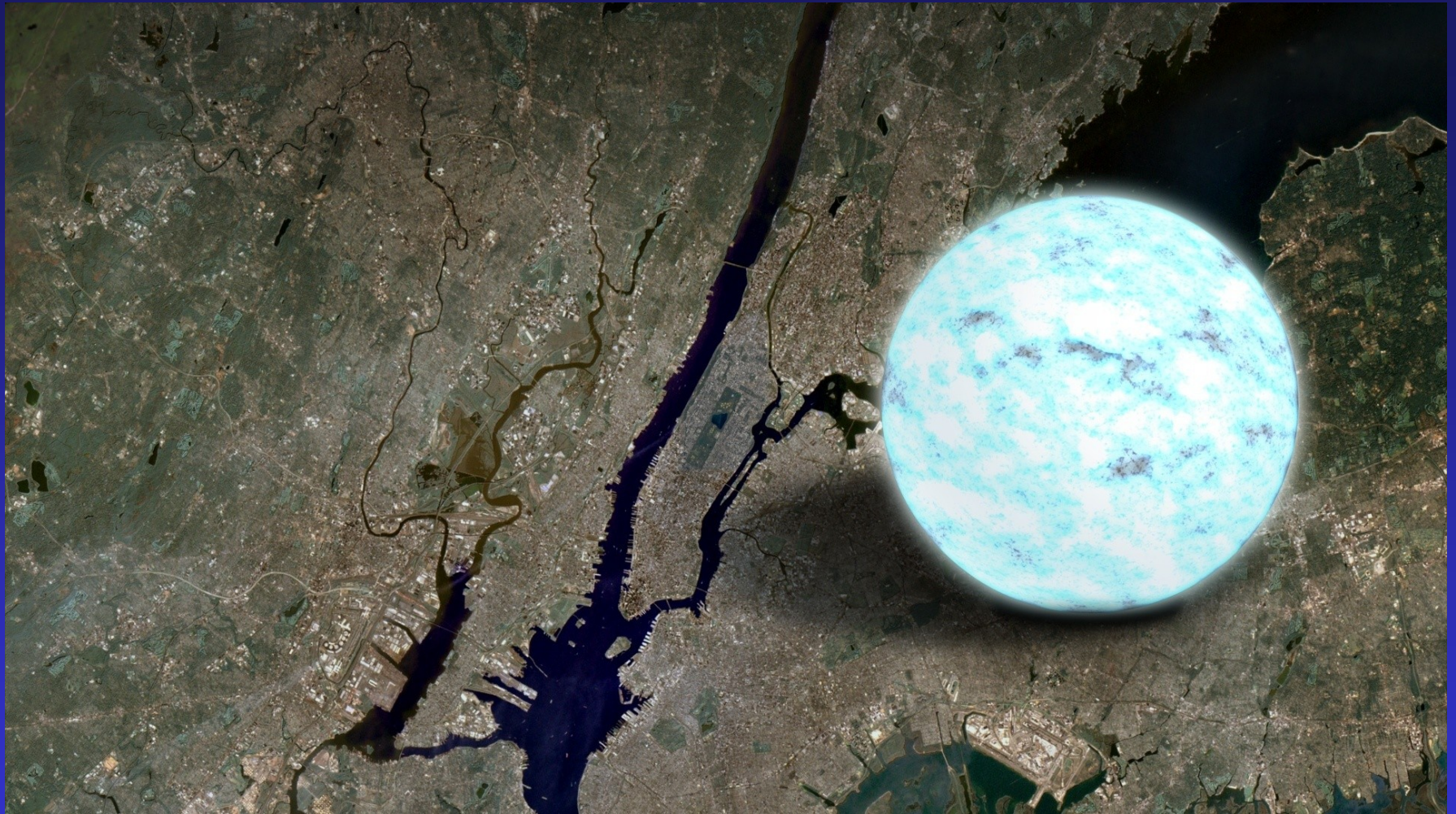
Εικόνα 10: Ο Υπερκαινοφανής στο νεφέλωμα του Καρκίνου (Crab Nebula) στο οπτικό (αριστερά) και στο υπέρυθρο (δεξιά). Το νεφέλωμα του Καρκίνου αποτελείται από ένα Pulsar περικυκλωμένο από νέφος. Έχει διάμετρο 6 ετών φωτός και επεκτείνεται με ρυθμό 3.000.000 μιλίων την ώρα [10].

Υπερκαινοφανής στο Νεφέλωμα του Καρκίνου στις Ακτίνες - Χ



Εικόνα 11: Ο Υπερκαινοφανής στο νεφέλωμα του Καρκίνου (Crab Nebula) στις ακτίνες - Χ. Οι ακτίνες Χ δείχνουν τα σωματίδια με την υψηλότερη ενέργεια στην περιοχή του pulsar [11].

Σχετικό Μέγεθος Αστέρων Νετρονίων



Εικόνα 12: Καλλιτεχνική αναπαράσταση ενός αστέρα νετρονίων, σε σύγκριση με το μέγεθος του Μανχάτταν [12].

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΤΕΡΩΝ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ

Μάζα: $0.5 - 2.5 M_{\text{sun}}$ με μέγιστο της κατανομής στο $1.4 M_{\text{sun}}$

Ακτίνα: $9 - 14 \text{ km}$

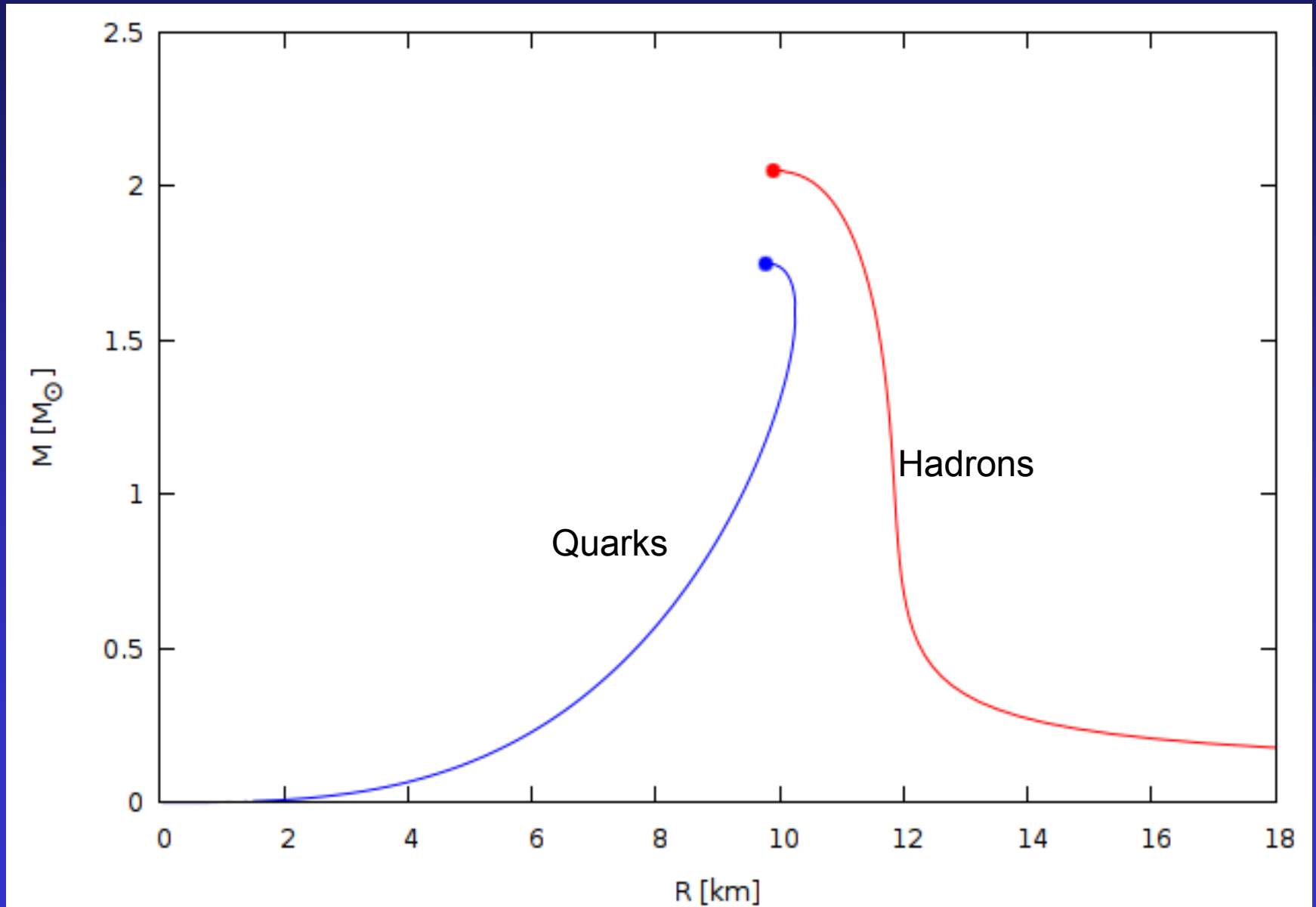
Τυπική πυκνότητα: 10^{15} g/cm^3

Εσωτερική θερμοκρασία: $10^7 - 10^{10} \text{ K}$

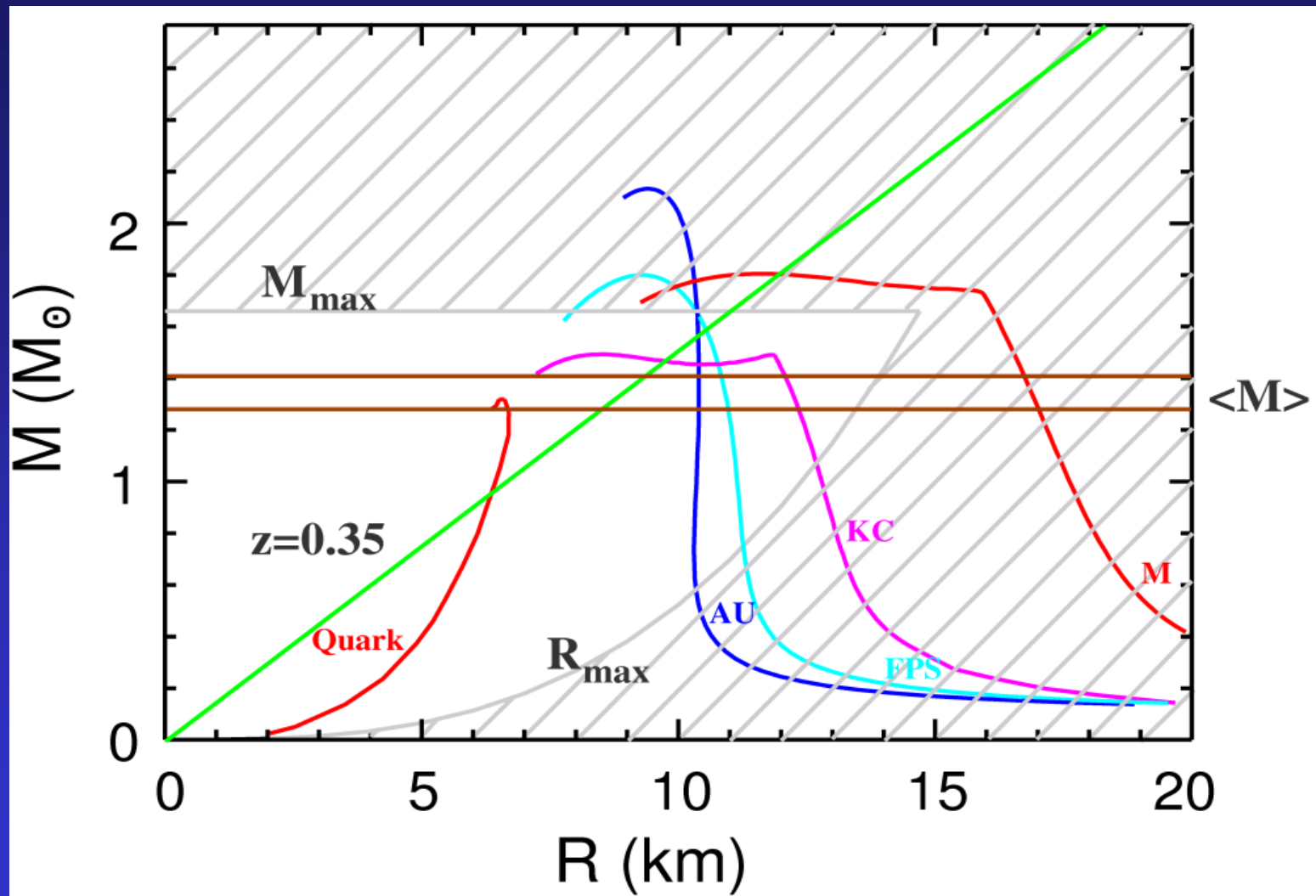
Επιφανειακή θερμοκρασία: $10^6 - 10^9 \text{ K}$

Πίεση: αέριο εκφυλισμένων νετρονίων

ΣΧΕΣΗ ΜΑΖΑΣ-ΑΚΤΙΝΑΣ A.N.

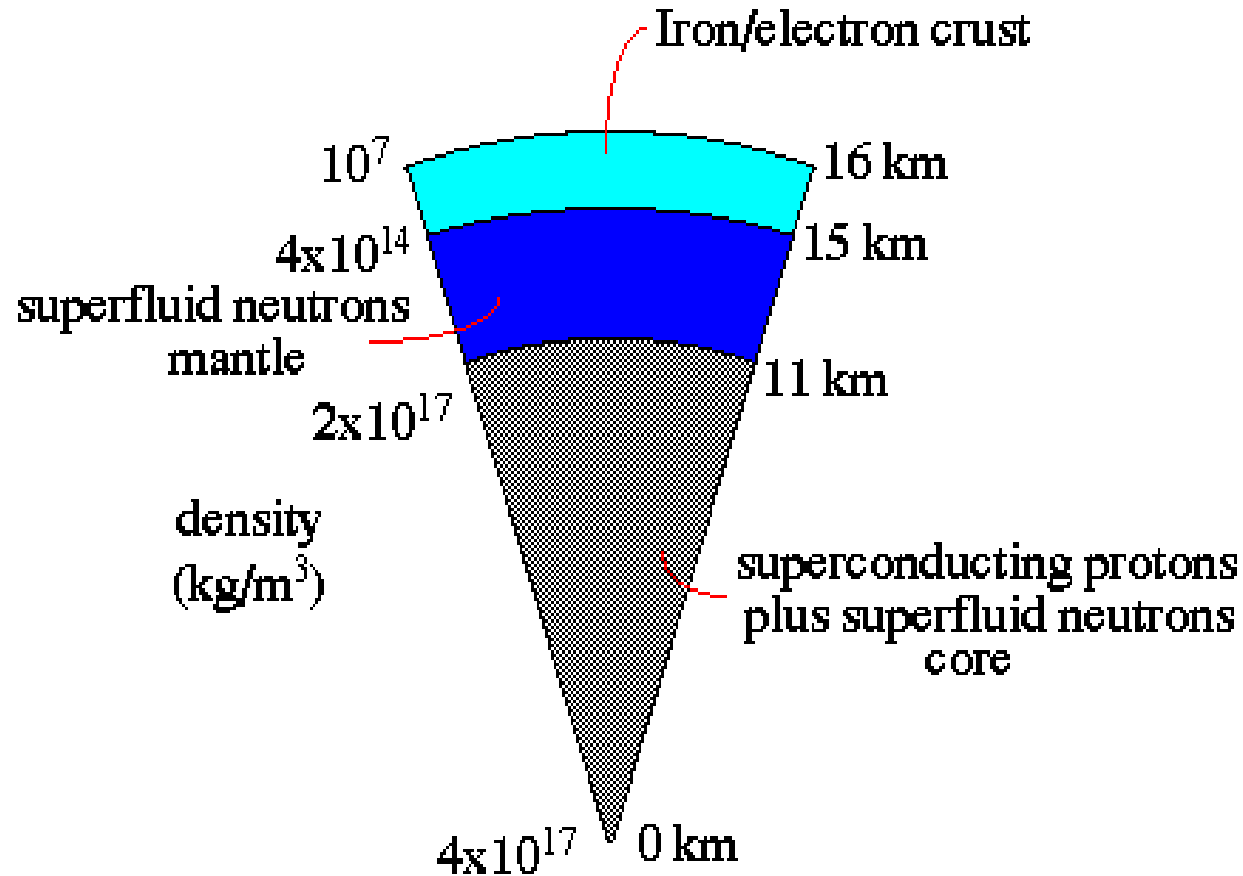


ΤΕΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

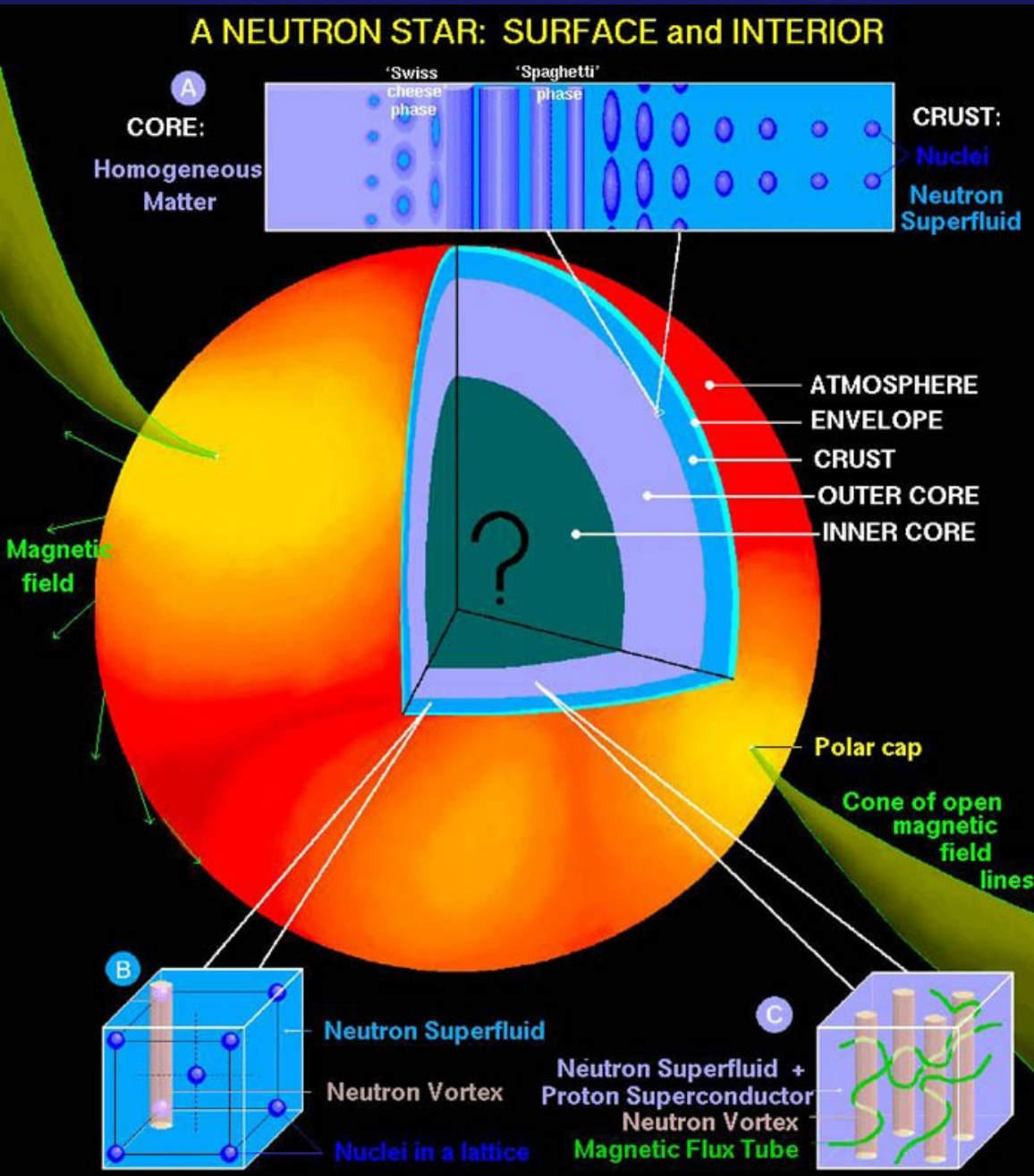


ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ Α.Ν.

Neutron Star Interior

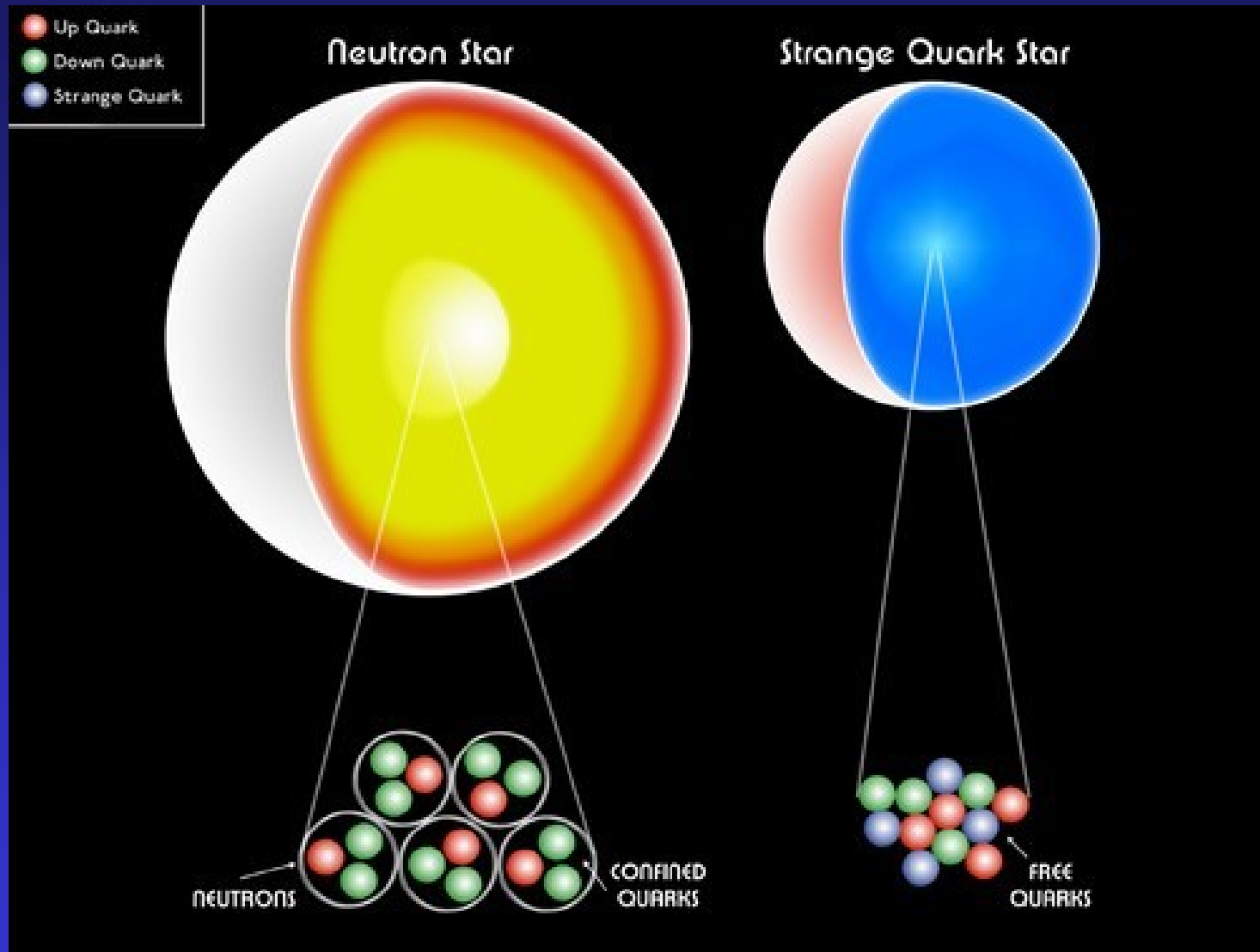


ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ Α.Ν.



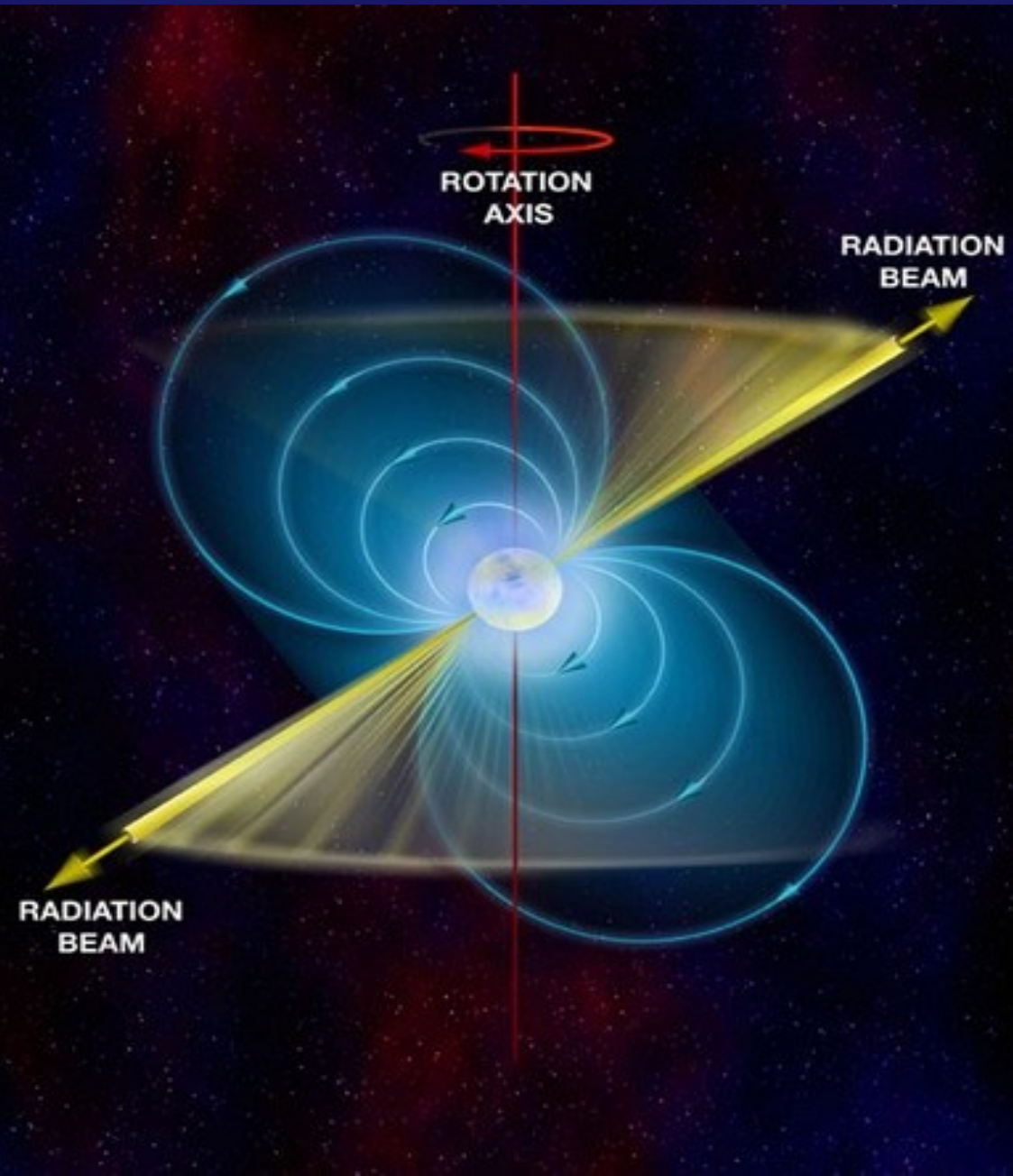
Εικόνα 13: Εσωτερική Δομή Αστέρων Νετρονίων [13].

ΑΣΤΕΡΑΣ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ Ή ΑΣΤΕΡΑΣ QUARK?



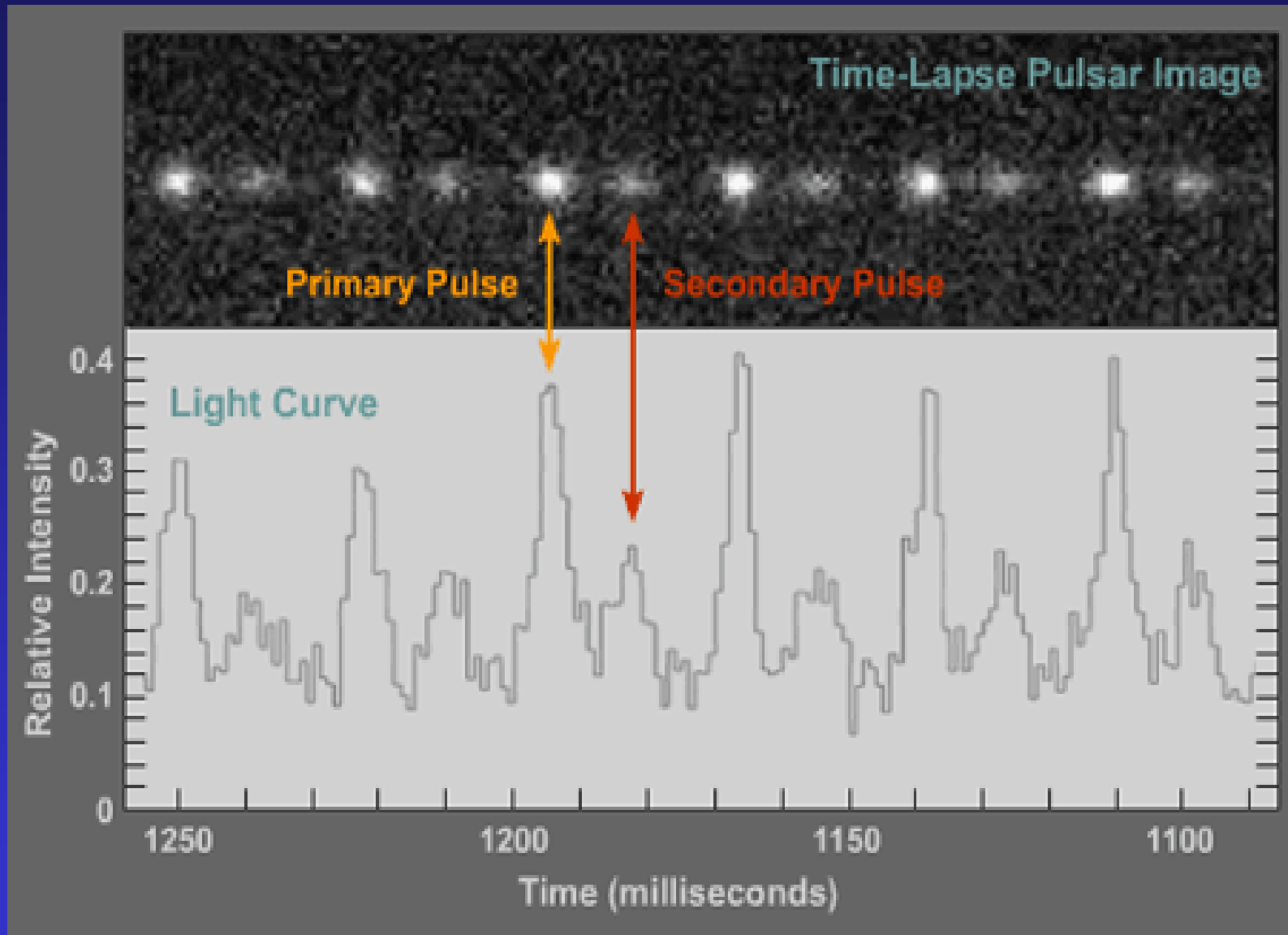
Εικόνα 14: Αστέρων Νετρονίων και Αστέρων Παράξενων Quark [14].

ΠΑΛΣΑΡ



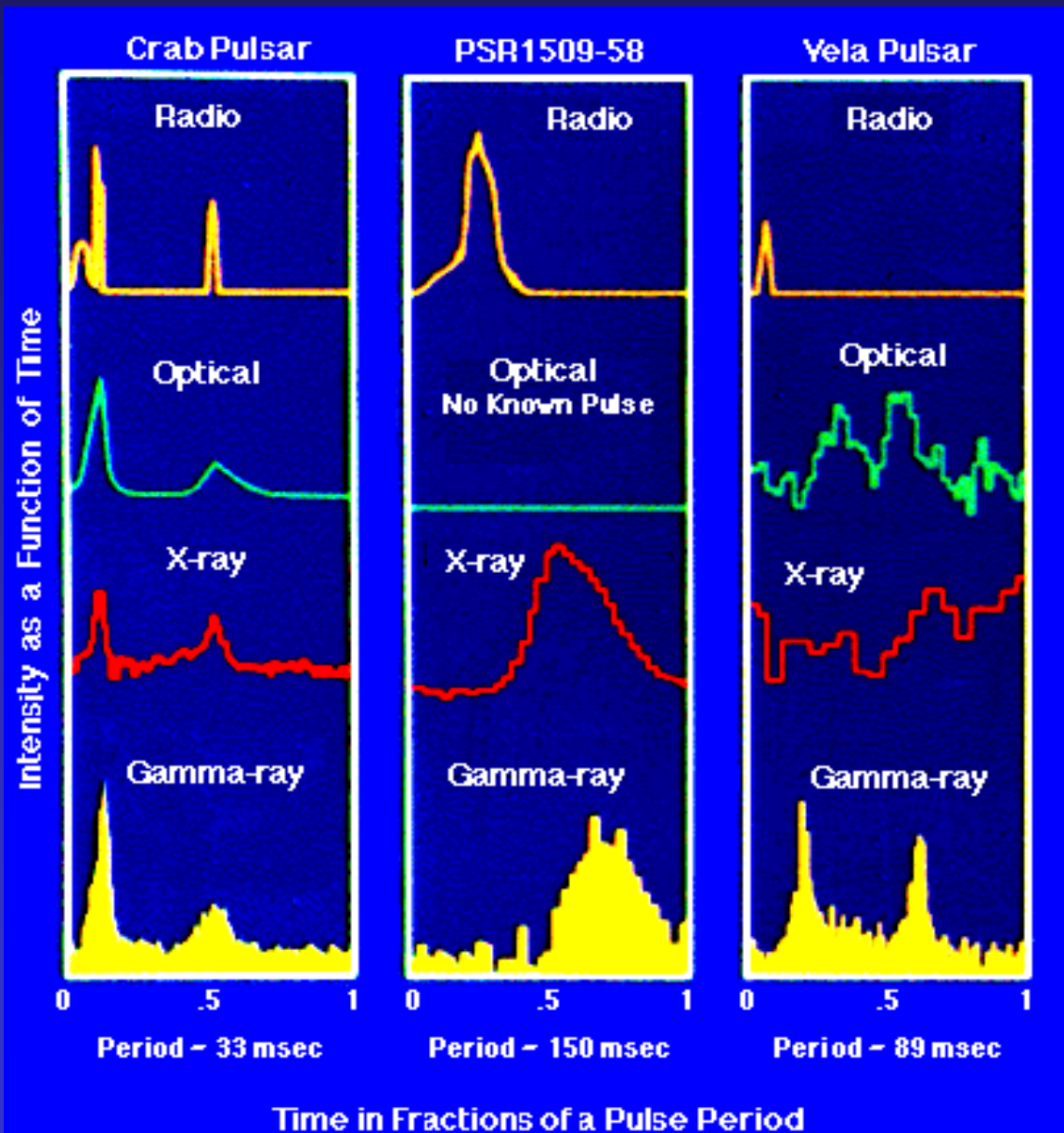
Εικόνα 15: Καλλιτεχνική απεικόνιση ενός Pulsar [15].

ΠΑΛΣΑΡ



Εικόνα 16: Σχετική ένταση εκπομπής pulsar συναρτήσει του χρόνου. Από το διάγραμμα φαίνεται η υψηλή ταχύτητα περιστροφής ενός pulsar [16].

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΑΠΟ ΠΑΛΣΑΡ



Εικόνα 17: Ένταση συναρτήσει του χρόνου σε διαφορετικά μήκη κύματος για τρία pulsar [17].

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. Evolution of a sun-like star

Author: Lithopsian (Wikimedia Commons User)

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution_of_a_sun-like_star.png

2. Sirius A and B Hubble photo

NASA, ESA, H. Bond (STScI), and M. Barstow (University of Leicester)

Creative Commons Attribution 3.0 Unported license

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sirius_A_and_B_Hubble_photo.jpg

4. Cocoon of a New White Dwarf

Image credit: NASA/R. Ciardullo (PSU)/H. Bond (STScI)

http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_584.html

5. White Dwarf Stars in M4

H. Bond (ST ScI), NASA

http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l1/dwarfs.html

6. Globular Cluster M4 in the Milky Way

NASA/ESA and A. Feild

<http://www.spacetelescope.org/images/opo0210e/>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

7. Size of Earth compared to White Dwarf
Space Telescope Science Institute
<http://www.stsci.edu/~inr/thisweek1/thisweek/WhiteDwarf.gif>
8. Internal Structure of Various White Dwarf Types
White Dwarf, The Worlds of David Darling
<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/W/whitedwarf.html>
9. (a) Cas A seen in visible light by the MDM Observatory in Tucson, Ariz.
Credit: MDM Observatory
http://science1.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1999/ast26aug99_1/

(b) Cassiopeia A - First Light Chandra Image
Image Credit: NASA/CXC/SAO
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/objects/snrs/cas_a2.html
10. CRAB NEBULA: Supernova Remnant & Pulsar
Chandra X-ray Center, (funding from NASA)
<http://chandra.harvard.edu/photo/0052/what.html>
11. Crab Nebula: The Crab in Action & The Case of The Dog That Did Not Bark
Chandra X-ray Observatory (NASA)
<http://chandra.harvard.edu/photo/2011/crab/>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

12. Neutron Star Illustration,
NASA Goddard Space Flight Center
<http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a011200/a011260/>
13. A Neutron Star: Surface and Interior,
Dany Page, Neutron Star (Theory) Group at UNAM
http://www.astroscu.unam.mx/neutrones/NS-Picture/NStar/NStar_1.gif
14. Neutron Star and Strange Quark Star,
NASA , NICER (Neutron star Interior Composition Explorer),
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/nicer/nicer_about.html
15. Artist's depiction of a pulsar
Credit B. Saxton/NRAO/AUI
<http://www.nrao.edu/index.php/weighing-pulsars>
16. Pulsar Relative Intensity vs Time
Stars - High Mass Stellar Evolution, Astronomy Online
<http://astronomyonline.org/Stars/HighMassEvolution.asp>
17. Pulsars,
Surrey Teachers Astrophysics Resource
http://www.ph.surrey.ac.uk/astrophysics/files/how_stars_end.html#pulsars



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Νικόλαος Τρυφωνίδης

Θεσσαλονίκη, 31 Μαρτίου 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

