

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης **Creative Commons** και ειδικότερα

Αναφορά – Μη εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγο Έργο 3.0 Ελλάδα

(Attribution – Non Commercial – Non-derivatives 3.0 Greece)



CC BY-NC-ND 3.0 GR

[ή επιλογή ενός άλλου από τους έξι συνδυασμούς]

[και αντικατάσταση λογότυπου άδειας όπου αυτό έχει μπει (σελ. 1, σελ. 2 και τελευταία)]

- Εξαιρείται από την ως άνω άδεια υλικό που περιλαμβάνεται στις διαφάνειες του μαθήματος, και υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης. Η άδεια χρήσης στην οποία υπόκειται το υλικό αυτό αναφέρεται ρητώς.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



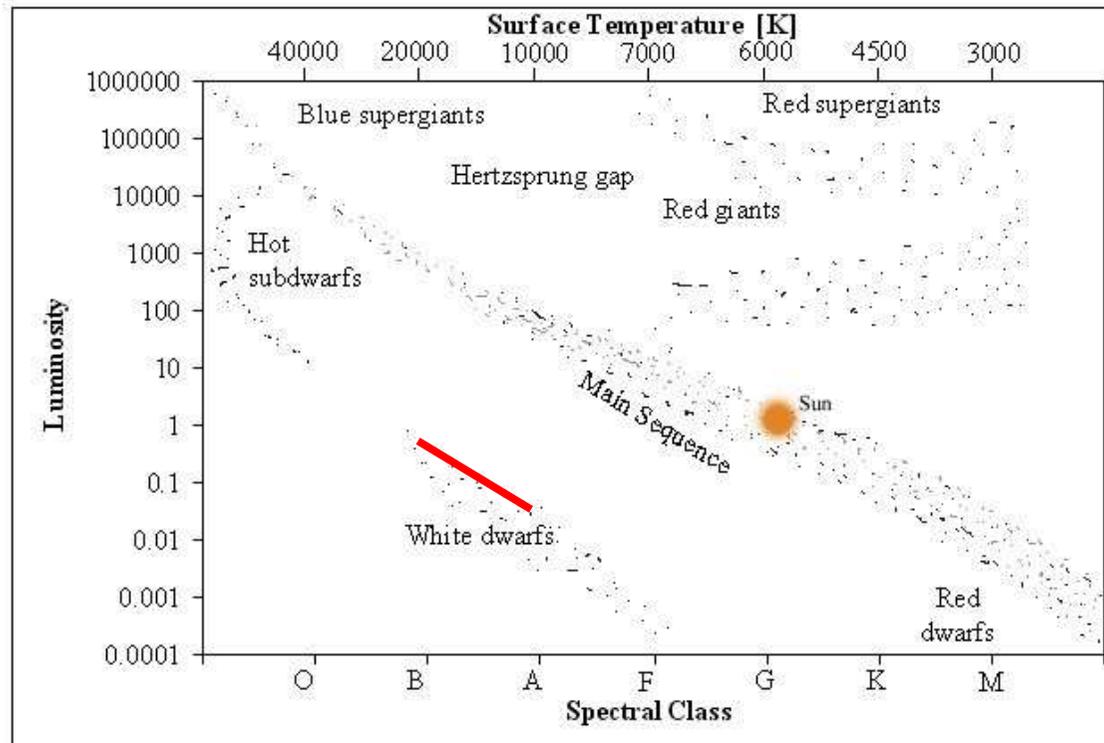
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



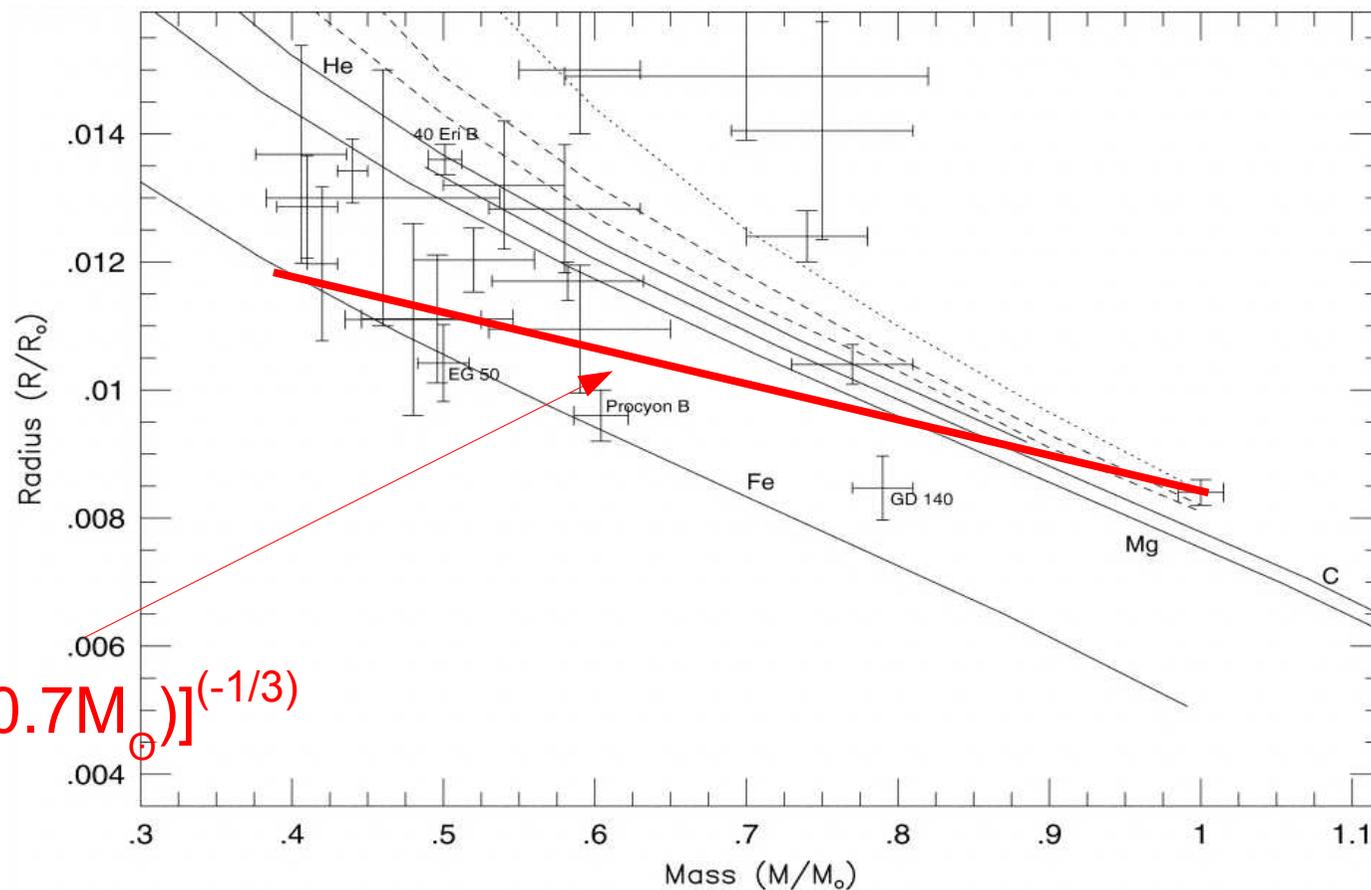
Λευκοί Νάνοι

- ✓ Ονομάζουμε τους πυρήνες αστέρων (αρχικής) μάζας μικρότερης από $\sim 7M_{\odot}$, μετά το τέλος των πυρηνικών καύσεων στο εσωτερικό τους. Συνήθως αποτελούνται από ιονισμένο οξυγόνο και άνθρακα. Δημιουργούνται στα τελευταία στάδια “ζωής” των αστέρων (στον ασυμπτωτικό κλάδο των γιγάντων).
- ✓ Η παρατηρούμενη κατανομή μάζας τους έχει μέση τιμή $\sim 0.5-0.6M_{\odot}$ ($\sim 80\%$ των Λευκών Νάνων που έχουμε παρατηρήσει έχουν μάζα μεταξύ $0.42 - 0.7M_{\odot}$).
- ✓ Η ακτίνα τους είναι της τάξης του $\sim 0.01 R_{\odot}$, η λαμπρότητά τους $\sim 0.1-0.005 L_{\odot}$ και η επιφανειακή θερμοκρασία $\sim 40,000-10,000 K$.



Ο συνδυασμός “μεγάλης μάζα – μικρής ακτίνα” συνεπάγεται μεγάλη πίεση στο κέντρο των λευκών νάνων. Αυτή η πίεση αντισταθμίζεται από την πίεση των ηλεκτρονίων που βρίσκονται σε κατάσταση εκφυλισμού. Η πίεση σε αυτή την περίπτωση αυξάνεται με την πυκνότητα. Άρα, λευκοί νάνοι μεγάλης μάζας θα πρέπει να έχουν μικρότερη ακτίνα, για να αυξηθεί η πίεση ηλεκτρονίων και ο λευκός νάνος να είναι σε κατάσταση υδροστατικής ισορροπίας.

Παρατηρησιακή σχέση μεταξύ ακτίνας και μάζας σε λευκούς νάνους (Provencal et al, 1998, ApJ, 494, 759).



$$R = 0.01 R_{\odot} \times [M / (0.7 M_{\odot})]^{(-1/3)}$$

Υπάρχει ανώτατο όριο στη μάζα ενός λευκού νάνου, ίσο με $1.4 M_{\odot}$ (όριο Chandrasekhar).

Οι Λευκοί Νάνοι εκπέμπουν φωτόνια επειδή είναι πολύ θερμοί. Ισχύει ότι:

$$L_{\text{Λευκού Νάνου}} = C T_c^{(7/3)}, \text{ όπου:}$$

$L_{\text{Λευκού Νάνου}}$ είναι η εκπεμπόμενη λαμπρότητα και T_c η θερμοκρασία των πυρήνων στο κέντρο του Λευκού Νάνου.

Η εκπεμπόμενη λαμπρότητα γίνεται σε βάρος της εσωτερικής, συνολικής θερμικής ενέργειας των πυρήνων. Οπότε, επειδή χάνει ενέργεια συνεχώς, ο ο λευκός νάνος θα ψύχεται, και η λαμπρότητά του θα ελαττώνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$L(t) = L_0 \left(1 + \frac{5t}{2\tau_0}\right)^{-7/5}$$

Όπου τ_0 χαρακτηριστικός χρόνος ψύξης και L_0 η λαμπρότητα όταν “δημιουργήθηκε” ο λευκός νάνος.

Αστέρες Νετρονίων:

Ονομάζουμε τους πυρήνες αστέρων (αρχικής) μάζας μεγαλύτερης από $\sim 7M_{\odot}$, μετά το τέλος των πυρηνικών καύσεων στο εσωτερικό τους και τη δημιουργία πυρήνα σιδήρου.

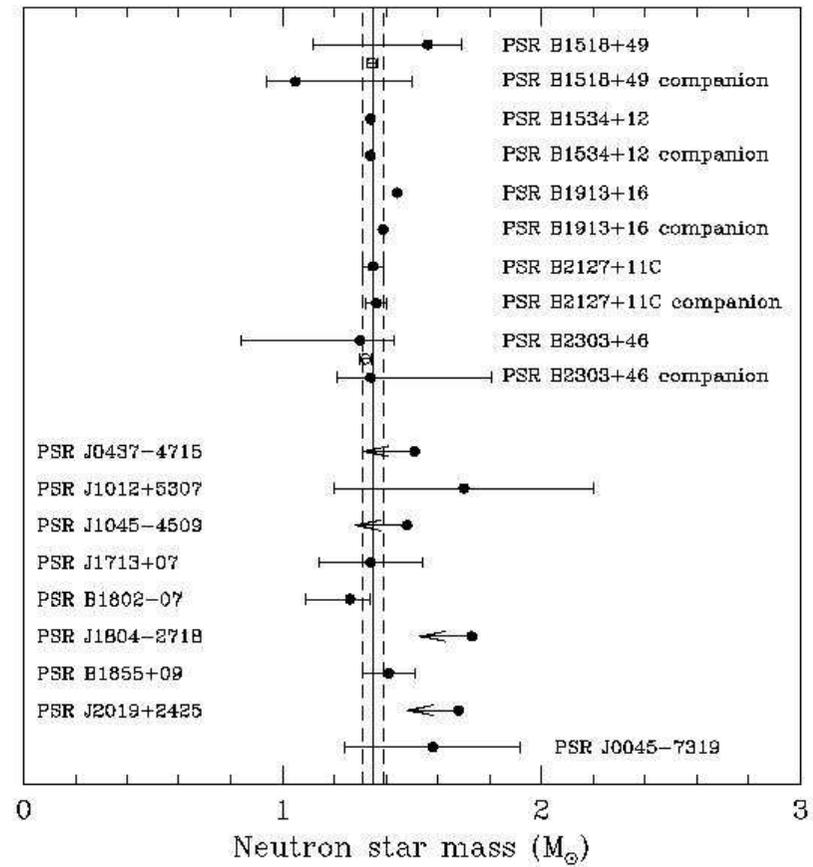
Σ' αυτούς τους αστέρες η μάζα του πυρήνα περιμένουμε να είναι μεγαλύτερη από το όριο μάζας Chandrasekhar για λευκό νάνο. Ο πυρήνας καταρρέει και σε συνθήκες μεγάλης πυκνότητας, πρωτόνια και ηλεκτρόνια δημιουργούν νεutrίνο και νεutrόνια.

Η κατάρρευση μπορεί να σταματήσει αν η μάζα του πυρήνα είναι μικρότερη από $2.9 M_{\odot}$ (για περιστρεφόμενο πυρήνα), με τα νεutrόνια σε κατάσταση εκφυλισμού να προσφέρουν την απαιτούμενη πίεση για την υδροστατική ισορροπία του “αστέρα”.

Όπως και στους Λευκούς Νάνους, η ακτίνα είναι μικρότερη σε αστέρες νετρονίων μεγάλης μάζας:

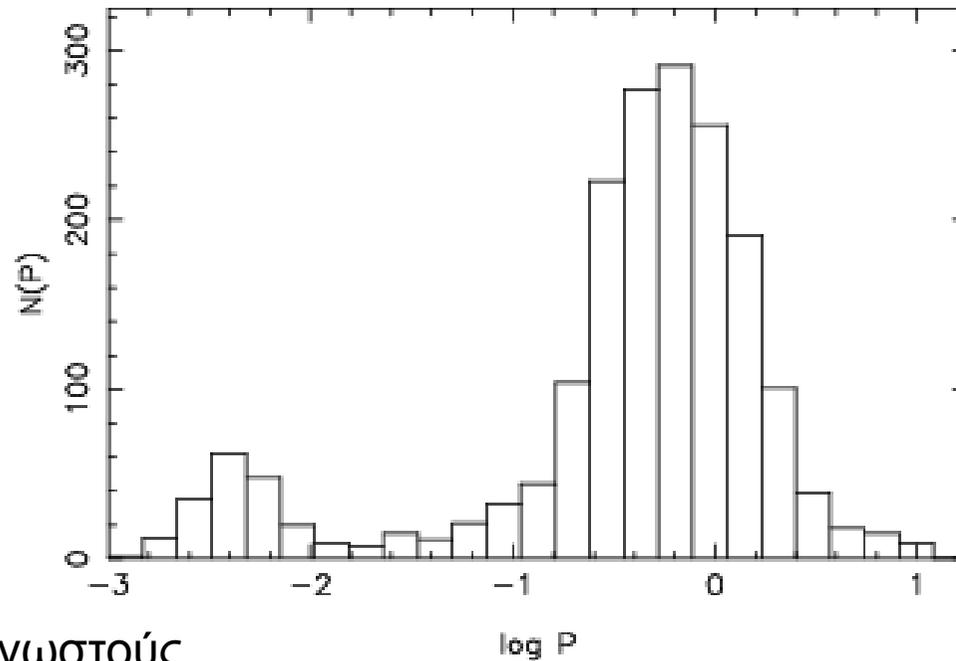
$$R \sim 11 \text{ km} \times [M / (1.4 M_{\odot})]^{-1/3}$$

Παρατηρήσεις: Μάζες αστέρων νετρονίων



Πάλσαρς: Αντικείμενα που εμφανίζουν περιοδικές μεταβολές στα ραδιοφωνικά μήκη κύματος, με περιόδους της τάξης των $\sim 0.2-2$ sec.

Έχουν ανακαλυφθεί πάνω από ~ 2000 έως τώρα.



Κατανομή περιόδου για τους γνωστούς
πάλσαρς έως το 2010
(Sushan, 2010, MNRAS, 409, 259)

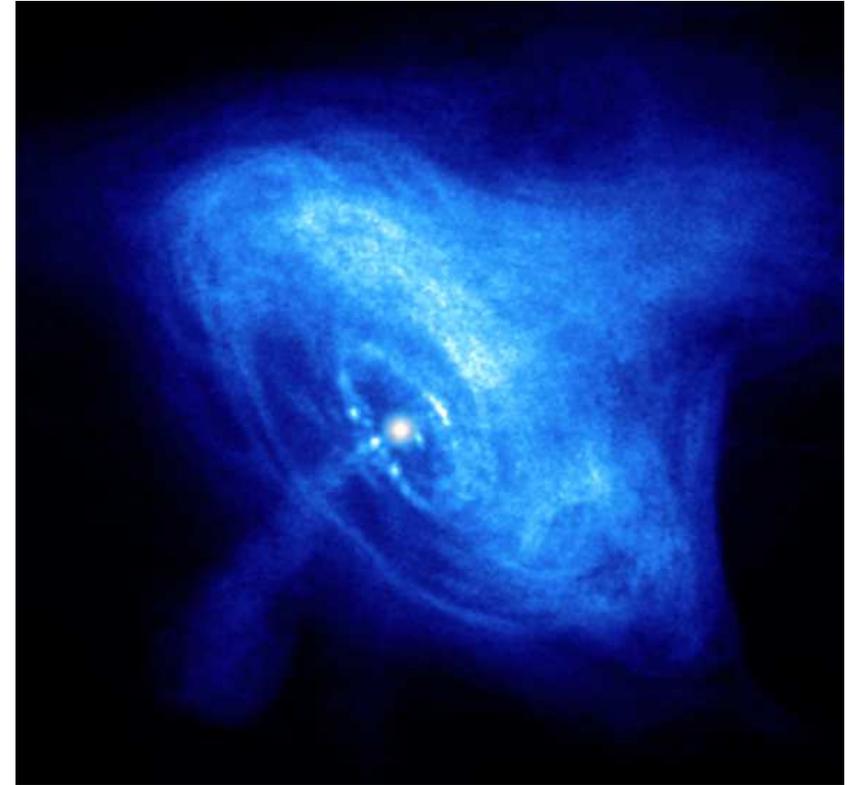
Πάλσαρ PSR B053+21:

Βρίσκεται στο κέντρο του νεφελώματος του Καρκίνου (SN 1054).

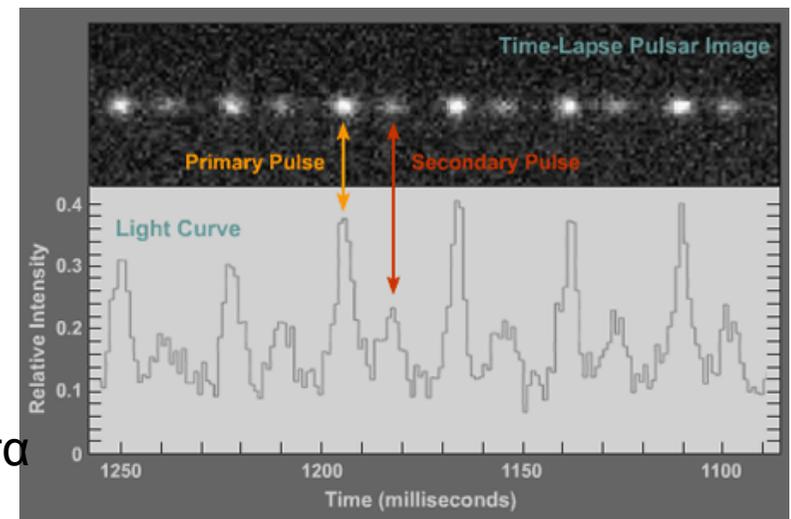
Στα οπτικά μήκη κύματος



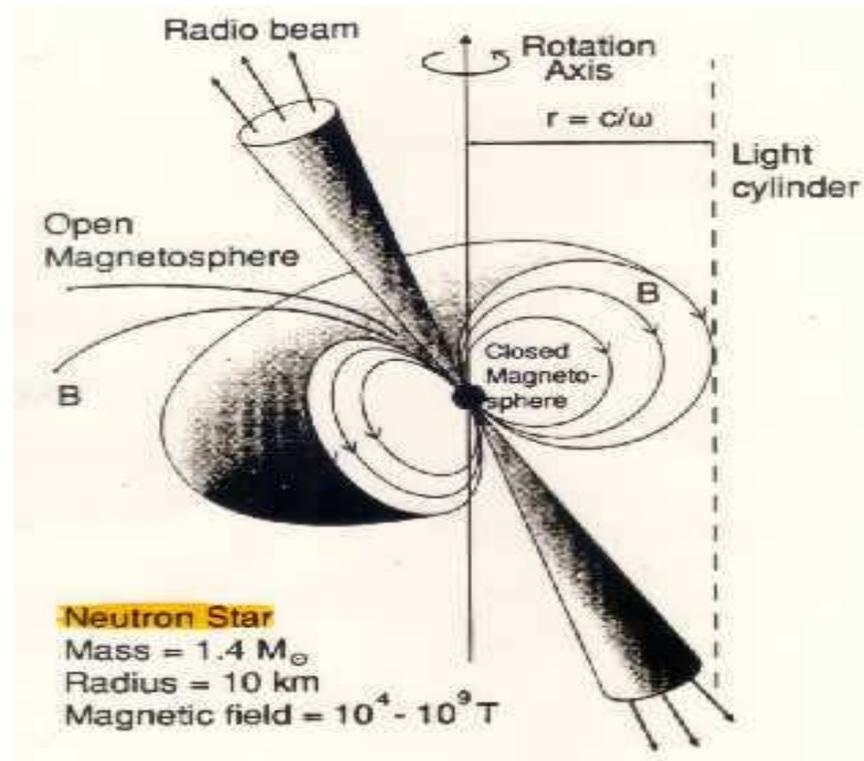
Στις ακτίνες X



Και η μεταβαλλόμενη εκπομπή φωτός στα ραδιοκύματα.

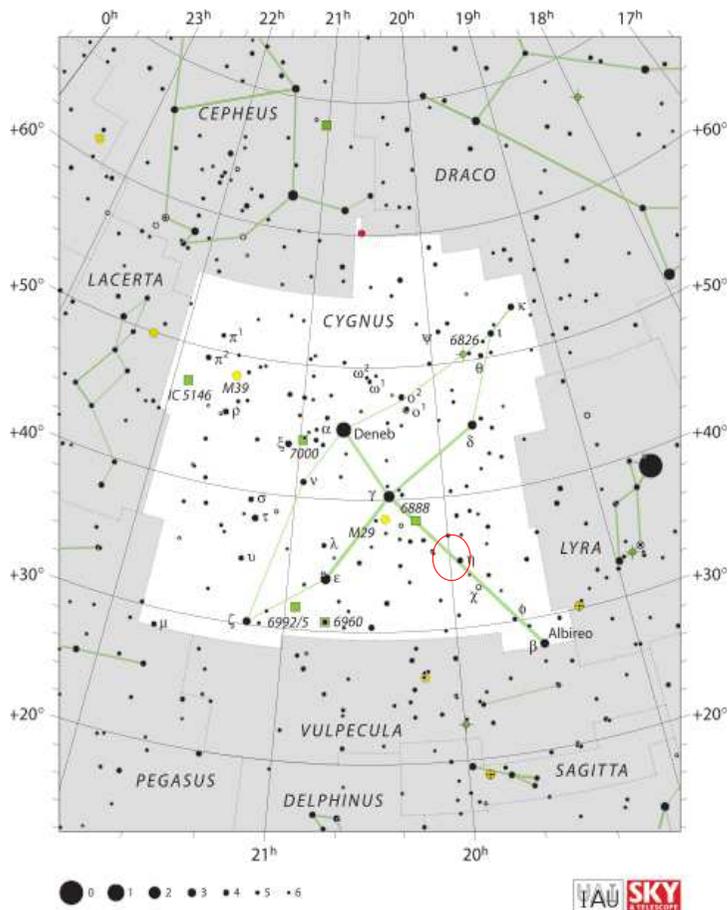


Σήμερα πιστεύουμε ότι οι πάλσαρς είναι αστέρες νετρονίων με μεγάλο μαγνητικό πεδίο, που περιστρέφονται πολύ γρήγορα και ο άξονας περιστροφής δεν ταυτίζεται με τον άξονα του μαγνητικού πεδίου.



Μελανές Οπές

Cygnus X-1: Γαλαξιακή πηγή ακτίνων Χ, που ανακαλύφθηκε το 1964.



Διπλό σύστημα “αστέρων” σε απόσταση ~ 2 κpc.

α) ΗΔΕ 226868, μπλέ υπεργίγαντας, με $T_{\text{eff}} = 31000$ K, $M \sim 20-40 M_{\odot}$, $R \sim 20-22 R_{\odot}$, $L \sim 3-4 \times 10^4 L_{\odot}$.

Περιστρέφεται με περίοδο ~ 5.6 μέρες, γύρω από Κ.Μ., σε σχεδόν κυκλική τροχιά, ακτίνας ~ 0.2 AU!

β) Συνοδός “αστέρας”: $M \sim 10-20 M_{\odot}$, “αόρατος”!



Λίστα διπλών συστημάτων αστέρων στα οποία ο συνοδός αστέρας πιστεύουμε ότι είναι Μαύρη Τρύπα (2006)

Table 4.1. Confirmed black hole binaries: primary properties

Source	Alternative name ^a	Year ^b	Type ^c	$F_{X,max}$ (μJy^2)	D (kpc)	P_{orb} (hr)
0422+32	V518 Per	1999/1	L,T	3000	2.6 ± 0.7	5.1
0538-641	LMC X-3	-	H,P	50	50 ± 2.3	40.9
0549-697	LMC X-1	-	H,P	30	50 ± 2.3	101.5
0620-003	V616 Mon	1975/2	L,T	50000	1.2 ± 0.1	7.8
1009-45	MM Vel	1993/1	L,T	800	5.0 ± 1.3	6.8
1118+480	KV UMa	2000/1	L,T	40	1.8 ± 0.5	4.1
1124-684 ^d	GU Mus	1991/1	L,T	3000	5 ± 1.3	10.4
1543-475	IL Lupi	1971/4	L,T	15000	7.5 ± 0.5	26.8
1550-564	V381 Nor	1998/5	L,T	7000	5.3 ± 2.3	37.0
1655-40	V1033 Sco	1994/2	L,T	3900	3.2 ± 0.2	62.9
1659-487 ^d	V821 Ara	1972 ^{e,f}	L,T	1100	4	42.1
1705-250	V2107 Oph	1977/1	L,T	3600	8 ± 2	12.5
1819.3-2525	V4641 Sgr	1999/1	L,T	13000	$7.6-12.3$	67.6
1859+226	V406 Vul	1999/1	L,T	1500	11	9.2
1915+105	V1487 Aql	1999/1	L,T	3700	11-12	804.0
1906+350	Cyg X-1	-	H,P	2300	2.0 ± 0.1	134.4
2000+251	QZ Vul	1988/1	L,T	11000	2.7 ± 0.7	8.3
2023+338	V404 Cyg	1989/3	L,T	20000	$2.2-3.7$	155.3

^a Name recognized by the SIMBAD Database and the Astrophysics Data S
^b Year of discovery/number of outbursts observed (Chen et al., 1997, this u

Table 4.2. Confirmed black hole binaries: masses

Source	M_1 (M_{\odot})	M_2 (M_{\odot})
0422+32	1.19 ± 0.02	3.2-13.2
0538-641	2.3 ± 0.3	5.9-9.7
0549-697	0.14 ± 0.05	4.0-10.0
0620-003	2.72 ± 0.06	3.3-12.9
1009-45	3.17 ± 0.12	6.3-9.0
1118+480	6.1 ± 0.3	6.5-7.2
1124-684	3.01 ± 0.15	6.5-8.2
1543-475	0.25 ± 0.01	7.4-11.4 ^d
1550-564	6.86 ± 0.71	8.4-10.8
1655-40	2.73 ± 0.09	6.0-6.6
1659-487	$> 2.0^e$	-
1705-250	4.86 ± 0.13	5.6-8.3
1819.3-2525	3.13 ± 0.13	6.8-7.4
1859+226	7.4 ± 1.1	7.6-12
1915+105	9.5 ± 3.0	10.0-18.0
1906+350	0.244 ± 0.005	6.9-13.2
2000+251	5.01 ± 0.12	7.1-7.8
2023+338	6.08 ± 0.06	10.1-13.4

Μετρήσιμη μάζα συνοδού αστέρα (McClintock & Remillard, 2006)

Όνομα

Απόσταση (σε κpc) και τροχιακή περίοδος

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

