

Μεταβλητοί αστέρες

Ο όρος μεταβλητός έχει να κάνει με την μεταβολή της λαμπρότητας του άστρου. Όλα τα αστέρια μεταβάλλουν τη λαμπρότητά τους. Οι χαρακτηριζόμενοι ως μεταβλητοί βρίσκονται σε κάποια σύντομη φάση της ζωής τους, όπου μεταβάλλουν την λαμπρότητα τους έντονα.

1) Οι ενδογενείς μεταβλητοί,

α) Παλλόμενοι μεταβλητοί. Η μεταβολή της λαμπρότητάς τους οφείλεται σε λιγότερο ή περισσότερο περιοδικούς παλμούς (συρρίκνωση και διαστολή του αστέρα). Οι παλμοί μπορεί να είναι συμμετρικοί ή ασύμμετροι. Πρόκειται για γίγαντες και υπογίγαντες όλων των φασματικών τύπων.

β) Εκρηκτικοί μεταβλητοί. Παρουσιάζουν μεταβολή λαμπρότητας λόγω αποβολής αερίων μαζών από το ίδιο το αστέρι ή αλληλεπίδρασης με ύλη στην περιοχή του. Μια κατηγορία τους είναι οι κοντινοί διπλοί αστέρες, που αλληλοεπιδρούν βαρυτικά, με αποτέλεσμα την ανταλλαγή ύλης στην εξέλιξή τους.

2) Οι εξωγενείς μεταβλητοί.

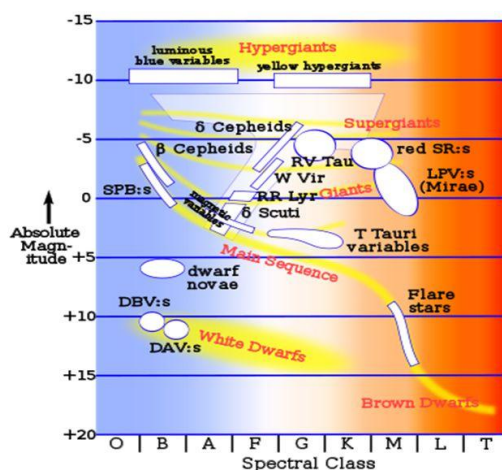
α) Επικαλυπτόμενοι μεταβλητοί. Είναι φαινόμενοι μεταβλητοί, δηλαδή διπλά αστέρια που η αλληλοεπικάλυψή τους μειώνει το φως τους που φτάνει σε εμάς.

β) Μεταβλητοί περιστροφής, με ανομοιόμορφη λαμπρότητα της επιφάνειάς τους.

γ) Αστέρες ανισότροπης ακτινοβολίας (π.χ. παλσαρ).

Χονδρικά, οι παλλόμενοι έχουν μεγάλη λαμπρότητα, ενώ οι εκρηκτικοί μικρή.

Οι Παλλόμενοι Μεταβλητοί στο H-R Διάγραμμα



Παλλόμενοι μεταβλητοί.

1) Κηφείδες μεγάλης περιόδου

Πρόκειται για υπεργίγαντες F...K με περιόδους από 1 ως 50 ημέρες. Η μεταβλητότητα επαναλαμβάνεται ασυτηρά με όλες τις λεπτομέρειές της. Λόγω μεγάλης λαμπρότητας είναι παρατηρήσιμοι και σε σφαιρωτά σμήνη, αλλά και σε γαλαξίες μέχρι το σμήνος της Παρθένου (20 Mpc). Οι Κηφείδες μας χρησιμεύουν ως δείκτες λαμπρότητας και αποτελούν σημαντικό μέτρο αποστάσεων.

Υπάρχουν 2 κατηγορίες κλασικών Κηφείδων.

Πληθυσμός I. Οι Cδ είναι μέλη του δίσκου του Γαλαξία, του γαλαξιακού επιπέδου και των νεφών του Μαγγελάνου. Είναι νεότερα αστέρια. Έχουν μέγιστο περίοδο 5-6 ημέρες. Μεταβάλλουν την ακτίνα τους, κατά μέσο όρο, κατά 10%. Έχουν μάζα 5-15 ηλιακές.

Πληθυσμός II. Οι CW είναι μέλη σφαιρωτών σμηνών, του κέντρου του Γαλαξία και των μεγάλων γαλαξιακών πλατών. Είναι παλαιά αστέρια (άρα και μικρής μάζας). Παρουσιάζουν ως και 3% αλλαγές στην περιοδικότητά τους. Έχουν μέγιστο περίοδο 15 ημέρες. Μεταβάλλουν την ακτίνα τους, κατά μέσο όρο, κατά 50%. Έχουν μάζα 0,4- 0,6 ηλιακές.

Οι μεταβλητότητά τους κορυφώνεται στον μέγιστο βαθμό διαστολής (μέγιστο λαμπρότητας) και στον μέγιστο βαθμό συστολής (ελάχιστο λαμπρότητας) του αστέρα. Σε αυτά τα μέγιστα κάθε φορά το αστέρι έχει περίπου την ίδια διάμετρο. Οι διακυμάνσεις αυτές της ακτίνας του άστρου γίνονται λόγω του φαινομένου Καρα κατά τον δεύτερο ιονισμό του (He).

Η θερμότητα που παράγεται κατά την συστολή διαφεύγει του άστρου με τη μορφή ακτινοβολίας. Η αντίδραση μειώνεται και οι παλμοί εξασθενούν. Έτσι το αστέρι σταδιακά έπρεπε να γίνεται σταθερό.

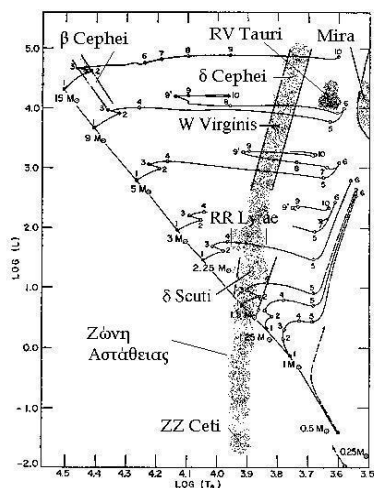
Όταν όμως η αδιαφάνεια αυξάνεται με την άνοδο της πίεσης, στην φάση της συστολής απορροφάται από το ίδιο το αστέρι περισσότερη από αυτήν την ακτινοβολία, από ότι στη μεσαία (μεταξύ συστολής και διαστολής) φάση, όπου έχουμε μικρότερη αδιαφάνεια (η ακτινοβολία μπορεί να διαφύγει πιο αποτελεσματικά). Η επιπλέον αυτή ενέργεια της ακτινοβολίας που απορροφάει το αστέρι κατά την συστολή πετυχαίνει μια υπερ-πίεση κατά τη διαστολή. Μοιάζει με βαλβίδα ασφάλειας, που την κατάλληλη στιγμή δεν επιτρέπει στην ακτινοβολία να διαφύγει.

Σχέση περιόδου και μεγέθους.

Όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος τους, τόσο α)είναι πιο προχωρημένο το στάδιο εξέλιξης του αστέρα (προχωρημένος φασματικός τύπος), β)το άστρο έχει μεγαλύτερη ακτίνα, λαμπρότητα, μάζα και γ)έχει μικρότερη θερμοκρασία και πυκνότητα.

Η σχέση περιόδου- απόλυτης λαμπρότητας, άρα και απόστασης, τους κάνει τόσο σημαντικούς. Πρέπει όμως να υπολογιστεί η εξάρτηση της λαμπρότητας των Κηφείδων από την περιεκτικότητά τους σε μέταλλα.

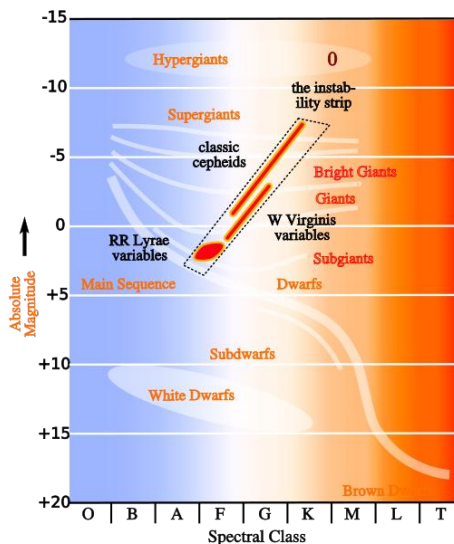
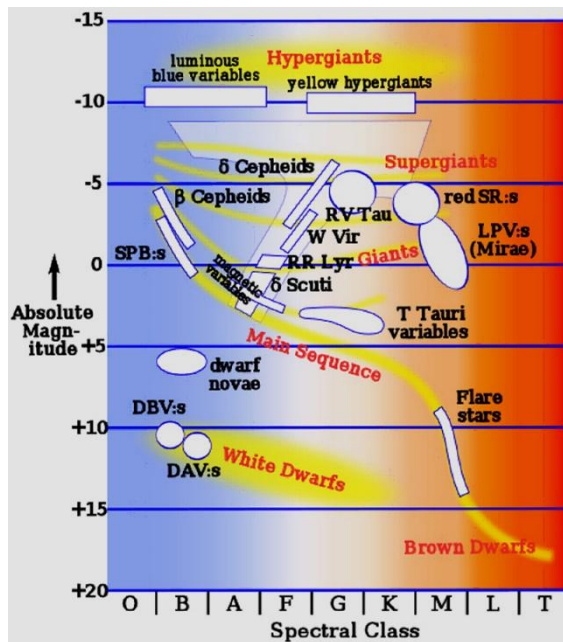
Από το πλήθος των παλλόμενων αστέρων που υπολογίζουμε ότι υπάρχουν σε σχέση με το πλήθος των αστέρων του Γαλαξία φαίνεται ότι το φαινόμενο της ανάπλασης είναι μεταβατικό φαινόμενο. Η θέση που καταλαμβάνουν οι κλασικοί Κηφείδες στο διάγραμμα H-R είναι έξω από την κύρια ακολουθία σε μια περιοχή που λέγεται ζώνη αστάθειας. Υπάρχουν διάφορες περιοχές αστάθειας από τις οποίες περνάνε οι αστέρες διάφορων μαζών κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους. Καθώς εξελίσσεται ένας αστέρας φεύγει από την κύρια ακολουθία. Στην τροχιά που ακολουθεί στο διάγραμμα H-R μπορεί να συναντήσει κάποια περιοχή αστάθειας. Μπαίνοντας στην περιοχή αστάθειας ο αστέρας αρχίζει να ταλαντώνεται και η ταλάντωση τροφοδοτείται μέχρι ο αστέρας να βγει από την περιοχή της αστάθειας. Οι κλασικοί Κηφείδες όπως είπαμε παρατηρούνται στη ζώνη αστάθειας. Η ζώνη αστάθειας είναι μια περιοχή μικρού σχετικά πλάτους που είναι σχεδόν παράλληλη με τον άξονα της λαμπρότητας, δηλαδή κατά μήκος της ζώνης αστάθειας η θερμοκρασία των αστέρων είναι σχεδόν σταθερή, ενώ η λαμπρότητα αυξάνεται.



Πιο αναλυτικά, οι γίγαντες με καύση ηλίου στον πυρήνα είναι συχνά μεταβλητοί. Η μεταβλητότητα στους Κηφείδες οφείλεται σε μεγάλου εύρους παλμούς. Η ακτίνα αυτών των αστεριών μεταβάλλεται κατά 10%. Η διάδοση των παλμών είναι ίδια με αυτή των ταλαντώσεων στον Ήλιο. Η διαφορά είναι στον μηχανισμό των παλμών. Οι μεγάλοι παλμοί των Κηφείδων προέρχονται από την αστάθεια του φλοιού του άστρου. Ένα λεπτό στρώμα αερίου στον φλοιό συμπιέζεται με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και της αδιαφάνειας (μέτρο της απορρόφησης της ακτινοβολίας). Έτσι μειώνεται η ενέργεια που μεταδίδεται μέσω ακτινοβολίας διαμέσω αυτού του στρώματος του αστεριού, με αποτέλεσμα να δεσμευτεί η θερμοκρασία κάτω από το στρώμα. Η θερμοκρασία και η πίεση κάτω από το στρώμα αυξάνονται, και πιέζεται το στρώμα προς τα έξω. Το στρώμα διαστέλλεται, μειώνεται η πυκνότητά του και γίνεται πιο διαπερατό, επιτρέποντας στην θερμότητα να περάσει μέσα από αυτό. Η πίεση (και η θερμοκρασία) κάτω από το στρώμα μειώνεται έτσι, με αποτέλεσμα να συμπυκνωθεί το στρώμα πάλι. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Η φυσική αιτία της διαδικασίας είναι η μεταβολή της αδιαφάνειας ανάλογα την θερμοκρασία, που οφείλεται στην αύξηση του ιονισμού του ηλίου (με την αύξηση της θερμοκρασίας) από (He^+) σε (He^{++}) . Αυτός ο ιονισμός αυξάνει την πυκνότητα των ελεύθερων ηλεκτρονίων, και επειδή αυτά αλληλοεπιδρούν πολύ με την ακτινοβολία, το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της αδιαφάνειας. Αυτές οι συνθήκες εμφανίζονται στους 40000K, άρα το στρώμα που παράγει την αστάθεια υπάρχει σε συγκεκριμένη περιοχή (ακτίνα) του αστεριού.

Για να παρουσιάσει ένα αστέρι παλμούς μεγάλης κλίμακας, πρέπει η θέση του ασταθούς στρώματος να είναι τέτοια που να παράγει ταλάντωση. Για την επιτυχία της μέγιστης ταλάντωσης πρέπει να δοθεί ώθηση την σωστή στιγμή (όπως στο ανώτερο σημείο της διαδρομής μιας κούνιας). Στους Κηφείδες, αυτό το στρώμα είναι στην σωστή τοποθεσία μέσα στο αστέρι, ώστε να παράγει <ωθήσεις> με κανονικότητα που δίνουν μεγάλης κλίμακας ταλαντώσεις στο άστρο. Αν το στρώμα είναι πιο κοντά στον πυρήνα ή στην επιφάνεια, η κίνησή του δεν έχει την ανάλογη επίδραση στην αστρική επιφάνεια και δεν εμφανίζονται παλμοί.

Αυτός είναι ο λόγος που οι Κηφείδες βρίσκονται σε συγκεκριμένη θέση στο διάγραμμα. Ανάλογοι μεταβλητοί είναι οι RR Lyrae (μικρότερης λαμπρότητας) και οι Delta Scuti. Η περιοχή που βρίσκονται στο διάγραμμα ονομάζεται λωρίδα αστάθειας (instability strip) και εκτείνεται από την περιοχή των υπεργίγαντων ως κάτω από την κ. ακολουθία.



Ουσιαστικά η λωρίδα αστάθειας τέμνει τον οριζόντιο κλάδο (σταθερής λαμπρότητας στα μεγάλα αστέρια), αυξομειώνοντας την λαμπρότητά τους.

2) RR-Λύρας

Ταχέα παλλόμενοι γίγαντες (Τύπου B8...F2)

Μοιάζουν με τους Κηφείδες, αλλά η περιοδικότητά τους είναι από 0,2 ως 1 ημέρα. Είναι πληθυσμού II, άρα είναι συχνοί σε σφαιρωτά σμήνη, στην άλω και στο γαλαξιακό κέντρο. Έχουν 3 κατηγορίες

α) RRab Με μεταβλητότητα 1 mag, πολύ ασύμμετροι.

β) RRC Με πιο μικρές περιόδους και μικρές μεταβλητότητες (0,5 mag).

γ) RRd Η μεταβλητότητά τους αλλάζει από κύκλο σε κύκλο.

Για ένα αστέρι ακτίνας 8,3 ηλιακές η μάζα είναι 1 ηλιακή και η επιφανειακή θερμοκρασία 5900-7200 β. Κελβιν. Δεν έχουν εκτενής σχέση λαμπρότητας- περιόδου.

Η θέση τους στο διάγραμμα H/R είναι σε ένα κενό στον οριζόντιο κλάδο (στα σφαιρωτά). Έτσι έχουν για μας σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της εξέλιξης των αστεριών. Λόγω της συχνής παρουσίας τους σε σφαιρωτά σμήνη ονομάζονται και μεταβλητοί σφαιρωτών σμηνών.

3) Αστέρια δ-Scuti.

Μοιάζουν με Κηφείδες, αλλά είναι πολύ μικρής περιόδου και περιορισμένης λαμπρότητας. Ονομάζονται και νάνοι-Κηφείδες. Έχουν περίοδο 0,03 ως 0,2 ημέρες. Συχνά έχουν 2 επικαλυπτόμενους παλμούς. Το μέγεθός τους είναι από 2,5 ως 5,1 ηλιακές ακτίνες, η μάζα τους από 1 ως 2,2 ηλιακές και η θερμοκρασία τους από 7000 ως 8800 β. Κελβιν.

4) β-Κηφείδες (ή β-μεγάλου Κυνός)

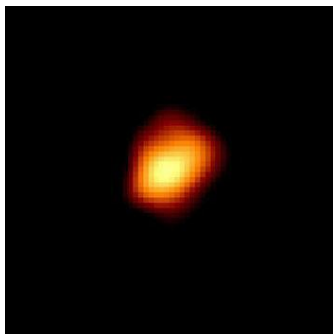
Παλλόμενοι αστέρες νεότερου φασματικού τύπου με μικρές περιόδους. Φασματικού τύπου B0...B3. Έχουν περιόδους από 3-7 ώρες. Παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις στην λαμπρότητα, της τάξης του 0,1mag, αλλά στο υπεριώδες 3 φορές μεγαλύτερες. Ακτίνα 7 με 16 ηλιακές, μάζα 10 με 15 ηλιακές.

5) Αστέρια Mira (ή Ο του Κήτος)

Γίγαντες με προχωρημένο φασματικό τύπο, μεγάλες περιόδους και μεγάλη διακύμανση λαμπρότητας στο ορατό φως. Στο H/R είναι στην κορυφή του ασυμπτωτικού κλάδου, το επόμενο στάδιο εξέλιξης είναι η δημιουργία πλανητικού νεφελώματος. Οι περίοδοί τους είναι από 80 ως 1000 ημέρες. Οι διακυμάνσεις λαμπρότητας είναι από 2,5 mag ως 7 mag στο ορατό. Η κύρια εκπομπή της ενέργειάς τους γίνεται στο υπέρυθρο, με διακύμανση μεγαλύτερη από 0,5 mag. Οι περίοδοι αλλάζουν από κύκλο σε κύκλο, μπορεί το μέγιστο να διαφέρει και κατά 1 mag. Μάλλον αιτία για αυτό είναι η μη γραμμική συμπεριφορά του κελύφους του αστεριού. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις που έχουν παρατηρηθεί σε τέτοιους μεταβλητούς μπορεί να οφείλονται σε αναζωπύρωση της καύσης του ήλιου στον φλοιό, που αλλάζει την δομή του αστήρα.

Οι ακτίνα τους κυμαίνεται από 100-1000 ηλιακές και η μάζα τους από 1-2 ηλιακές. Έχουν απώλεια μάζας μεταξύ 10στη -8 και 10στη -4 ηλιακές το έτος. Το 75% των μεταβλητών αυτής της κατηγορίας (που μπορούμε να αναλύσουμε χωρικά) δεν δείχνουν καμία σφαιρική συμμετρία.

Τα αστέρια που περνάνε την φάση του heliumflash στο κέλυφος, παρουσιάζοντας μεταβλητότητα όμοια με αυτή των Κηφείδων, εξελίσσονται σε μεταβλητούς τύπου Μίρα. Ο πρότυπος Μίρα μεταβάλλει την λαμπρότητά του κατά 6 mag με περίοδο 331 ημέρες. Αν και οι μεταβλητοί Μίρα βιώνουν καθολικούς παλμούς, η θέση τους στο διάγραμμα δεν είναι στην ζώνη αστάθειας, που κυριαρχείται από τους Κηφείδες και τους RR Lyrae. Σε πολλούς Μίρα οι παλμοί εμφανίζονται ασταθείς και η σχέση λαμπρότητας-περιόδου δεν έχει καθοριστεί καλά όπως στους Κηφείδες. Οι παλμοί αυτοί φαίνεται να προκαλούνε διαταραχές στα κελύφη (ύλη που έχει διαφύγει και βρίσκεται γύρω από το αστέρι) των Μίρα, με αποτέλεσμα αυτά να μην έχουν σφαιρικό σχήμα. Στο ίδιο το Μίρα, αυτό γίνεται λόγω της παρουσίας συνοδού αστήρα και της σχετικά μεγάλης ταχύτητάς του μέσα στον μεσοαστρικό χώρο.



6) RV Ταύρου

Υπεργίγαντες τύπου F ως K, των οποίων η μεταβλητότητα οφείλεται σε συστηματικές εναλλαγές ομαλού και απότομου ελάχιστου. Το στάδιο εξέλιξής τους είναι αβέβαιο (μάλλον στον ασυμπτωτικό κλάδο). Έχουν πολύ εκτεταμένη ατμόσφαιρα και μεγάλη απώλεια μάζας. Μερικά έχουν κέλυφος από σκόνη. Οι περίοδοί τους είναι από 30 ως 150 ημέρες, με διακύμανση μέχρι 3 mag. Η ακτίνα τους είναι από 50 ως 100 ηλιακές, με μάζα από 1 ως 3 ηλιακές.

7) Ημι-κανονικοί μεταβλητοί

Παλλόμενοι γίγαντες και υπογίγαντες. Δεν έχουν περιοδικότητα ανά παλμό, αλλά καλό μέσο όρο περιοδικότητας παλμών, ή διαταράσσεται η περιοδικότητα των παλμών τους από διάφορες ανωμαλίες. Η περίοδός τους κυμαίνεται από 30 ως 200 ημέρες και η μεταβολή λαμπρότητας από μερικά εκατοστά του mag ως μερικά mag.

Ομάδες κατά φάσμα (διαφορές βαθμού περιοδικότητας, φάσματος)

α) SRa Κόκκινοι γίγαντες (τύπου M, C, S). Διαφέρουν από τους Mira μόνο από τη μικρότερη διακύμανση και τη μειωμένη κανονικότητα, αλλά όχι και την φυσική τους υπόσταση. Η μέση περίοδός τους μένει σταθερή. Στατιστικά εντάσσονται στους Mira.

β) SRb Κόκκινοι γίγαντες τύπου K, M, C, S. Η περιοδικότητα διακόπτεται ακανόνιστα, αλλά μετά επανέρχεται στην αρχική περίοδο. Βρίσκονται σε προχωρημένη φάση εξέλιξης.

γ) SRc Υπεργίγαντες K, M. Έχουν περιοδικότητα που καθορίζεται δύσκολα. Η μεταβολή λαμπρότητας γίνεται σε πολύ επιμήκεις και με μικρό βάθος κύκλους.

δ) SRd Κίτρινοι υπεργίγαντες F, G, K. Οι μακροχρόνιες περίοδοί τους διακόπτονται βραχυχρόνια. Ίσως να αποτελούν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη μετά τους Mira. Γενικά, όσο μικρότερης διακύμανσης της λαμπρότητας είναι τα αστέρια που επικεντρωνόμαστε, τόσο μεγαλώνει ο αριθμός των μεταβλητών γιγάντων και υπεργιγάντων μεταγενέστερης εξέλιξης. Φαίνεται αυτά τα αστέρια να έχουν τάση αστάθειας.

8) Ακανόνιστοι μεταβλητοί

Αργά μεταβαλλόμενοι γίγαντες και υπεργίγαντες με ακανόνιστη μεταβολή λαμπρότητας. Με μεταβολή ως 2 mag, αλλά συνήθως λιγότερο από 0,5 mag.

9) α-Κύκνου

Υπεργίγαντες με φασματικό τύπο B ή A, με ακανόνιστη περιοδικότητα, από 5 ως 10 ημέρες. Η περιοδικότητα εμφανίζεται συχνά ακανόνιστη λόγω αλληλοεπικάλυψης πολλών περιόδων τους.

10) ZZ-Κήτος

Λευκοί νάνοι, πλούσιοι σε υδρογόνο, με πολύ μικρή περίοδο (30s-25m).

Μεταβλητοί εκρηκτικοί αστέρες

Αστέρια έκλαμψης

Είναι ψυχρά αστέρια κύριας ακολουθίας (νάνοι dK, dM) που έχουν ακανόνιστες αναλαμπές. Η έκλαμψη ολοκληρώνεται σε δευτερόλεπτα ως λίγα λεπτά. Η διακύμανση λαμπρότητας είναι μέχρι 6 mag, πιο δυνατή στο υπεριώδες, και εξασθενεί προς τα μεγάλα μήκη κύματος. Το φάσμα μοιάζει με των T Ταύρου, και παρουσιάζουν χρωμοσφαιρικό φάσμα με γραμμές εκπομπής. Η αιτία είναι, όπως στις εκλάμψεις του Ηλίου μας, η δραστηριότητα του στέμματος, αλλά με πολύ πιο έντονα φαινόμενα. Λόγω ότι η στεμματική δραστηριότητα σχετίζεται με την περιστροφή του αστεριού (μηχανισμός του δυναμό) και τα αστέρια μειώνουν την ταχύτητα περιστροφής τους, εξαλείφεται το φαινόμενο των εκλάμψεων με την πάροδο του χρόνου. Όλα τα αστέρια

μικρής μάζας σε ανοιχτά σμήνη είναι αστέρια έκλαμψης, η φάση αυτή αποτελεί ένα στάδιο της εξέλιξής τους. Αυτή η φάση εξέλιξης συμβαίνει και στα G,F αστέρια, αλλά τα K,M δείχνουν μεγαλύτερο κοντράστ λόγω της μικρότερης λαμπρότητάς τους.

Αστέρια προ κυρίας ακολουθίας

Κυρίως συνδέονται με νεφελώματα. Πρόκειται για νεαρά αστέρια, που δημιουργήθηκαν στην κατάρρευση τμήματος του νεφελώματος. Η ενέργειά τους προέρχεται από την απελευθέρωση της βαρυτικής ενέργειας κατά τη συστολή τους, αφού ακόμα δεν συντήκουν το υδρογόνο σε ήλιον. Βρίσκονται ακόμα εκτός κύριας ακολουθίας. Χαρακτηρηστικά δείγματα είναι τα αστέρια του νεφελώματος του Ωρίωνα.

Τα ταξινομούμε ανάλογα με τη μάζα τους. Οι T- Ταύρου έχουν μέχρι 3 ηλιακές μάζες και οι Herbig Ae/Be είναι αστέρες από 4 ως 8 ηλ. μάζες.

Αστέρια T- Ταύρου.

α) Κλασσικοί T- Ταύρου

Είναι φασματικού τύπου G- M. Σε αυτούς κυριαρχεί το συνεχές φάσμα, αλλά διακρίνεται και λίγο το φάσμα της φωτόσφαιρας. Έχουν δυνατή γραμμή απορρόφησης λιθίου, δείγμα της νεαρής τους ηλικίας. Οι γραμμές εκπομπής τους είναι δυνατές, όμοιες με τις χρωμοσφαιρικές του Ηλίου μας. Επίσης παρατηρούμε σειρές Balmer και ιονισμένα μέταλλα ((CaII), (FeII), (TiII) κ.α.), καθώς και (HeI).

Οι γραμμές απορρόφησης είναι πολλές φορές πολύπλοκες, λόγω της ύπαρξης ρευμάτων ύλης από ή προς το αστέρι. Έχουν έξαρση στο υπέρυθρο και στο υπεριώδες. Τα ρεύματα αυτά τα ανακαλύψαμε από τις γραμμές εκπομπής, κυρίως (H α), αλλά και την έξαρση στο υπεριώδες. Έχουν ισχυρή και ανώμαλη φωτομετρική μεταβλητότητα 5 κατηγοριών.

1) Ανώμαλη μεταβλητότητα μεγάλης κλίμακας (5-6 mag) σε μεγάλα χρονικά διαστήματα. Κυρίως σε αστέρια T- Ταύρου με ισχυρές γραμμές εκπομπής και προφίλ P- Κύκνου.

2) Ξεσπάσματα τύπου FU- Ωρίωνα. Μεγάλη άνοδος λαμπρότητας, μέχρι και 6 mag σε λίγους μήνες, μετά ακολουθεί αργή πτώση (από χρόνια ως δεκαετίες).

3) Ξεσπάσματα τύπου EX-Λύκου. Η λαμπρότητα ανεβαίνει όπως στην προηγούμενη κατηγορία, αλλά πέφτει στο ίδιο με την άνοδο χρονικό διάστημα.

4) Ανώμαλοι μεταβλητοί μεσαίας ή μικρής λαμπρότητας (1-2 mag). Με περιόδους από λεπτά ως ημέρες. Μπορεί να προέρχονται από πρωτοπλανήτες ή τον δίσκο της δημιουργίας τους.

5) Ημι-περιοδικής μεταβολής. Με περιόδους από 1-10 ημέρες. Με μεταβολή μερικά δέκατα του mag. Η αιτία της μεταβολής είναι η περιστροφή του αστέρα και η ανομοιόμορφη κατανομή των μεγάλων κυλίνδρων του.

Η δόμηση ενός αστέρα T- Ταύρου είναι ένας πυρήνας που περιβάλλεται από δίσκο προσάυξης με σκόνη και αέρια (πρωτοπλανητικός δίσκος). Στον Ωρίωνα έχουμε πέτυχει απεικονίσεις τέτοιων δίσκων στο υπέρυθρο. Τα αστέρια συνδέονται με τους δίσκους με διπολικά δυνατά ρεύματα μοριακής ύλης και αεριώδεις πίδακες, που αλληλοεπιδρούν μέσω κρουστικών κυμάτων με την μεσοαστρική ύλη.

β) Γυμνοί T- Ταύρου

Έχουν ισχυρή γραμμή απορρόφησης λιθίου, άρα πρέπει να είναι πολύ νεαρά άστρα (το λίθιο καταστρέφεται κατά την εξέλιξη των αστεριών). Με πολύ αδύνατες γραμμές εκπομπής και χωρίς έξαρση στο υπέρυθρο. Ανακαλύπτονται στις ίδιες περιοχές με τους κλασσικούς T- Ταύρου. Στο H/R είναι λίγο πιο κοντά στην κύρια ακολουθία, αλλά σχεδόν στην ίδια περιοχή με τους κλασσικούς T- Ταύρου. Έχουν χάσει το μεγαλύτερο μέρος του δίσκου προσάυξης αλλά ακόμα κερδίζουν την ενέργειά τους από την συρρίκνωσή τους. Τα ανακαλύψαμε από την δυνατή εκπομπή τους στις ακτίνες X. Λόγω της

ταχύτατης περιστροφής τους έχουν μεγάλη δραστηριότητα στο στέμμα τους, με αποτέλεσμα την έντονη εκπομπή ακτινοβολίας X (μεγάλες θερμοκρασίες στο στέμμα). Στους κλασικούς αυτή η ακτινοβολία απορροφάται κατά πολύ από τον δίσκο. Η φωτομετρική μεταβλητότητά τους είναι μικρότερη από ότι στους κλασικούς, και συνήθως είναι ημι-περιοδικοί με αίτιο μεταβολής τις κηλίδες τους.

Αστέρια Herbig- Ae/ Be

Αστέρια φασματικού τύπου B, A. Έχουν κοινά φασματικά χαρακτηριστικά με τους T- Ταύρου, όπως οι γραμμές εκπομπής, η έξαρση στο υπεριώδες και στο υπέρυθρο και η ανώμαλη μεταβλητότητα. Είναι και αυτά νεαρά αστέρια προ κυρίας ακολουθίας, με δίσκο προσαύξησης. Οι μεταβολές τους είναι γρήγορες, ακανόνιστες, με διαφορετικές διακυμάνσεις μέχρι 4 mag. Με μεγάλες παύσεις μεταβλητότητας.

Λαμπροί μπλε μεταβλητοί (LBV, luminous blue variable).

Ονομάζονται και S- Doradus. Είναι άστρα ακραίας υψηλής λαμπρότητας. Είναι τα πιο λαμπρά αστέρια του σύμπαντος. Η διακύμανση της λαμπρότητάς τους είναι ανώμαλη, σε εβδομάδες ως έτη, μέχρι 1 mag. Μερικές φορές διακόπτεται από περιόδους ομαλής λαμπρότητας.

Εαν η περίοδος έχει διάρκεια εκατονταετίες, έχουμε μεγάλη μεταβλητότητα, ενώ αν είναι δεκαετίες μεσαία και αν είναι μικρού χρονικού διαστήματος έχουμε μόνο πολύ μικρές διακυμάνσεις. Έχουν γραμμές εκπομπής με προφίλ P-Κύκνου.

Πρόκειται για τεράστια αστέρια που καίνε ακόμα υδρογόνο, με μεγάλη απώλεια μάζας. Έχουν κέλυφος, και μάλλον είναι στο στάδιο της εξέλιξης από κύριας ακολουθίας σε Wolf-Rayet (η σειρά εξέλιξης είναι από Of σε LBV και μετά σε WR). Το λαμπρότερο που γνωρίζουμε είναι το η Καρίνας, με μάζα 100-150 ηλιακές, που τα επόμενα 100000 έτη θα εκραγεί ως σουπερνόβα II.

R-Βόρειας Κορόνας

Φτωχοί σε υδρογόνο υπεργίγαντες F,G με πλούσια σε άνθρακα ατμόσφαιρα. Η λαμπρότητά τους μένει για μήνες ή και χρόνια σταθερή, και μετά πέφτει σε λίγες μέρες αρκετά (4 mag σε 25 μέρες). Συνήθως ανεβαίνει πάλι μέχρι το μέγιστο, μερικές φορές αργά (1-3 έτη) και με ακανόνιστες διακυμάνσεις. Δεν έχουν καμία κανονικότητα, και παρουσιάζουν διακύμανση μέχρι 7 mag. Κυρίως είναι αστέρια άνθρακα (carbon stars). Δημιουργούνται όταν διαφεύγει μάζα από το αστέρι σε συνοδό του, με αποτέλεσμα να γίνονται ορατά τα εσωτερικά στρώματα του αστέρα (έχουμε μετατόπιση φάσματος στο μπλε κατά την πτώση λαμπρότητας). Η γρήγορη συμπύκνωση του άνθρακα, που εμφανίζεται πλέον στην φωτόσφαιρα από το εσωτερικό του, σκοτεινιάζει την φωτόσφαιρα. Δεν είναι συμμετρική η κατανομή του άνθρακα στην επιφάνεια του άστρου. Όταν διαλύεται το νέφος άνθρακα, αυξάνεται πάλι η λαμπρότητα.

Μια ακόμη κατηγορία εκρηκτικών μεταβλητών είναι οι εκρήξεις σουπερνόβα.

Κοντινοί διπλοί (με αλληλεπίδραση στη εξέλιξή τους)

Βασικά χαρακτηριστικά.

Τα μισά αστέρια στο σύμπαν είναι διπλά, και μερικά είναι πολλαπλά. Με την εξέλιξή τους πέρα από την κ. ακολουθία τα αστέρια διαστέλλονται, μέχρι και περισσότερο από 1000 ηλιακές ακτίνες (γίγαντες). Αν η απόσταση 2 αστέρων κ. ακολουθίας είναι μικρότερη από τον μέγιστο χώρο που θα καταλαμβάνουν κατά την εξέλιξή τους (όταν διασταλούν σε ερυθρούς γίγαντες), τότε κάποια στιγμή θα αποκτήσουν ισχυρές σχετικιστικές δυνάμεις αλληλεπίδρασης με κυκλοποίηση των τροχιών τους και συγχρονισμό των περιστροφών τους με τον χρόνο περιφοράς τους. Θα ανταλλάξουν μάζα και

θα αποκτήσουν ένα κοινό κέλυφος και κοινό δίσκο προσαύξησης, λόγω της διατήρησης της στροφορμής. Έτσι δημιουργούνται πολλοί τύποι μεταβλητών. Στα διπλά αστέρια έχουμε τον πρωτεύοντα (συνήθως το αστέρι μεγαλύτερης μάζας) και τον δευτερεύοντα (το αστέρι μικρότερης μάζας). Μπορεί κατά την εξέλιξή τους να αντιστραφεί η σχετική ποσότητα μάζας τους, λόγω ανταλλαγής μάζας. Σε κοντινά συστήματα ο πρωτεύον διαστέλλεται τόσο ώστε να υπάρξει ανάλλαξη μάζας, ενώ στα μακρινά συστήματα θα εξελιχτούν σαν 2 ανεξάρτητα άστρα.

Μοντέλο Roche

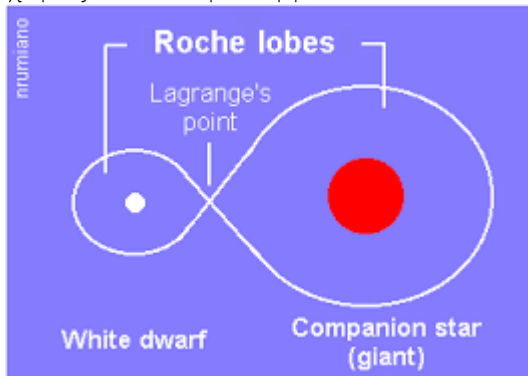
Έχουμε 3 είδη εξισορρόπησης.

1) Εσωτερική περιοχή. Αυτή περιλαμβάνει τις επιφάνειες που τα όριά τους είναι χωριστοί κύκλοι ή ελλείψεις γύρω από τα 2 άστρα. Διαχωρίζει το ποια περιοχή ανήκει σε πιο άστρο. Τέτοιες περιοχές είναι και οι επιφάνειες των αστερών.

2) Κρίσιμη επιφάνεια εξισορρόπησης. Είναι το κοινό όριο των 2 μαζών. Περιλαμβάνει τον μέγιστο χώρο όπου ένα αντικείμενο μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει σε ένα οποιοδήποτε από τα 2 αστέρια. Εκεί που τέμνονται είναι το σημείο ισορροπίας L1 (Lagrange).

3) Εξωτερική περιοχή. Είναι η επιφάνεια εξισορρόπησης που περικυκλώνει και τις 2 μάζες. Περιέχει το σημείο L2, και τα αντικείμενα (π.χ. πλανήτες) μέσα σε αυτήν ανήκουν στο κοινό κέλυφος γύρω από τα 2 αστέρια. Αντικείμενα που βρίσκονται έξω από το L2 περιφέρονται γύρω από τα 2 αστέρια σε τροχιές Κεπλερ.

Τα αντικείμενα στα σημεία L (Lagrange) έχουν σταθερές θέσεις σε σχέση με τα 2 αστέρια. Η βαρύτητα που τους ασκείται είναι ίση με την ταχύτητα διαφυγής του συστήματος. Ο όγκος Roche (ή κρίσιμος) ενός αστεριού είναι ο χώρος που περιλαμβάνεται σε αυτές τις επιφάνειες.



Κατηγορίες αστεριών κατά τη διαμόρφωση του όγκου.

D (detached). Χωριστά συστήματα. Τα 2 αστέρια είναι μικρότερα από τον κρίσιμο όγκο. Συμπεριφέρονται σαν 2 κανονικά αστέρια.

SD (semi-detached). Ημιχωρισμένα αστέρια. Το ένα αστέρι έχει γεμίσει τον κρίσιμο όγκο, π.χ. κατακλυσμικοί διπλοί, διπλοί ακτίνων X, τύπου Algol.

C (contact binaries). Και τα 2 αστέρια έχουν γεμίσει τον κρίσιμο όγκο τους, π.χ. W μικρής Άρκτου.

Πολλές φορές ο αστέρας με την μικρότερη μάζα έχει προχωρήσει στην εξέλιξη εκτός κυρίας ακολουθίας, ενώ θα περιμέναμε τον μεγάλο να εξελιχτεί πρώτος. Αντίθετα με τα μεμονομένα αστέρια, σε αυτά τα συστήματα τα αστέρια δεν μπορούν να επεκταθούν ελεύθερα, αλλά μόνο μέσα στα όρια του κρίσιμου όγκου. Έτσι το μεγαλύτερο αστέρι στην διαστολή του χάνει μάζα πέρα από το σημείο L1, η οποία καταλήγει στον συνοδό τροφοδοτώντας τον με μεγάλο μέρος της μάζας του.

Μεταφορά μάζας. Τα 2 αστέρια, όταν είναι στην κ. ακολουθία, δεν γεμίζουν τον κρίσιμο όγκο τους. Όταν το ένα διαστελλεται τόσο πολύ, ώστε σχεδόν να γεμίσει τον κρίσιμο όγκο του, μπορεί να διαφύγει υλικό από το πρώτο αστέρι, μέσω του σημείου L1, στον συνοδό. Εδώ έχουμε 2 περιπτώσεις. Ο συνοδός να είναι τόσο μεγάλος, ώστε το αέριο που περνάει από το L1 να καταλήγει απευθείας σε αυτόν. Η άλλη περίπτωση είναι το αέριο να συγκρούεται με αέριο που περιφέρεται του συνοδού, να επιβραδύνεται και να σχηματίζει έναν περιστρεφόμενο δίσκο γύρω από τον συνοδό. Στην πρώτη περίπτωση το κυρίως αστέρι είναι ακόμα (ή κοντά) στην κ. ακολουθία και ο συνοδός γενικά στο διάγραμμα (ή κοντά). Στην δεύτερη ο συνοδός είναι ένα υπερ πυκνό αντικείμενο (λευκός νάνος, αστέρας νετρονίων, μαύρη τρύπα). Είχε προηγηθεί μεταφορά μάζας από αυτόν στον πρωτεύον, πριν την εξέλιξή του σε εκφυλισμένο αντικείμενο.

Οι κατακλυσμικοί μεταβλητοί.

Είναι τα ημι χωρισμένα διπλά με κύριο αστέρι έναν λ. νάνο και έναν συνοδό με γεμάτο τον κρίσιμο όγκο του (κανονικό αστέρι κ. ακολουθίας ή γίγαντας ή εκφυλισμένο αντικείμενο). Από τον συνοδό φεύγει μάζα μέσω του L1 στον λ. νάνο. Δημιουργείται έτσι ένας δίσκος προσαύξησης. Στο μέρος, όπου το ρεύμα ύλης ακουμπάει στον δίσκο έχουμε το <καυτο σημείο>.

Κατηγορίες κατακλυσμικών

.Κλασικοί Νοβα. Είναι ξεσπάσματα λαμπρότητας με μεταβλητότητα 8-19 mag.

Είναι η τρίτη πιο δυνατή έκρηξη σε αντικείμενα γαλαξιών. Περίπου υπολογίζουμε να γίνονται 50 Νοβα το χρόνο στον Γαλαξία, οι περισσότεροι στο επίπεδο του Γαλαξία. Διαφέρουν μεταξύ τους σε διάρκεια και μέγεθος μεταβολής. Γρήγορα Νοβα είναι εκείνα που η λαμπρότητά τους πέφτει κατά 3 mag σε λιγότερο από 100 μέρες. Στα γρήγορα η άνοδος γίνεται σε λιγότερο από 1 ημέρα, στα αργά σε ημέρες μέχρι εβδομάδες.

Το φάσμα τους δείχνει, μέχρι το μέγιστο, τύπο A ή γίγαντα F (7000-10000 K.), με μετατόπιση στο μπλε στις γραμμές απορρόφησης και ασυνήθιστα ισχυρές γραμμές (C), (N), (O). Μετά το μέγιστο, οι πιο δυνατές γραμμές είναι οι (H-Balmer), (HeI), μονά ιονισμένα μέταλλα και κυρίως (FeII).

Στην μεταγενέστερη φάση έχουμε φάσμα νεφελώματος. Το συμπέρασμα είναι ότι οι εκρήξεις Νοβα είναι γιγαντιαίες, με την ύλη να εκτοξεύεται με ταχύτητες μερικών 1000 χιλ. το δευτερόλεπτο.

Σχηματίζεται ένα κέλυφος, παρατηρήσιμο σε κοντινές Νοβα, με μάζα μεταξύ 10στη-6 και 10στη-3 ηλιακές. Δεν έχει καμία σφαιρική συμμετρία, και παρουσιάζει πολλές μικρές συμπυκνώσεις.

Τα αίτια ενός Νοβα είναι οι εκρηκτικά εμφανιζόμενες θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στην επιφάνεια του λ. νάνου (thermonuclear runaway). Γίνεται συσσώρευση υδρογόνου στον εκφυλισμένο λ. νάνο, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να μπορεί να ανεβεί πολύ (σε κανονική μη εκφυλισμένη ύλη ο όγκος θα αυξανόταν λόγω αντίστοιχης αύξησης της πίεσης, με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας. Στην εκφυλισμένη ύλη όμως η θερμοκρασία είναι ανεξάρτητη από την πίεση). Όταν η πίεση υπερβεί ένα όριο, αρχίζει η καύση (σύντηξη) του υδρογόνου με τον κύκλο CNO.

Η διάσπαση β κατά την σύντηξη δίνει την ενέργεια για την εκτίναξη του κελύφους του Νοβα. Οπτικά παρατηρούμε ένα διαστελλόμενο κέλυφος με σταθερή λαμπρότητα (ψευδό- φωτόσφαιρα). Μόνο ένα μέρος του κελύφους διαφεύγει, η υπόλοιπη ύλη που μένει πίσω πέφτει πάλι στον λευκό νάνο. Το κάψιμο του (H) στην επιφάνεια κρατάει μήνες ή χρόνια. Αυτή η φάση ξεσπάσματος της λαμπρότητας λέγεται βολομετρική σταθερά λαμπρότητας, με την θερμοκρασία στην επιφάνεια του Νοβα να φτάνει τους 800000 K. Η καύση σταματάει όταν η ύλη του κελύφους εξαφανιστεί τελείως (μέσω αστρικού ανέμου, τριβών κ.λπ.). Μέσω των Νοβα ανακαλύψαμε λ. νάνους από (Ne), (Mg) (συνήθως είναι από (C), (O)), κάτι που δεν μπορεί να συμβεί στην εξέλιξη μεμονωμένων αστερών λευκούς νάνους. Σε αυτούς τους <υπερφυσικούς> λευκούς νάνους η μάζα ήταν αρκετή ώστε να συντηχτεί ο άνθρακας, αλλά ακολούθησε

μεγάλη απώλεια μάζας με συνέπεια να μην εξελιχτούν σε σουπερνόβα II (μάλλον λόγω απορρόφησης μάζας από συνοδό αστέρι).

.Επανερχόμενοι Νοβα.

Νοβα με 2 ή 3 εκρήξεις. Μάλλον όλοι οι Νοβα είναι επανερχόμενοι, αλλά με πολύ μεγάλα διαστήματα επανόδου. Η επάνοδος γίνεται σε περισσότερο από κάθε 9 χρόνια. Εδώ ο λευκός νάνος έχει μεγάλη μάζα, κοντά στο όριο Chandrasekhar.

.Νάνοι Νοβα.

Μικρές διακυμάνσεις λαμπρότητας στο ελάχιστο, μετά ακολουθούν ξαφνικά ξεσπάσματα με γρήγορη άνοδο (σε 1-2 μέρες 2-6 mag). Το διάστημα των ξεσπασμάτων είναι από 10 ως 1000 ημέρες. Έχουν 3 υποκατηγορίες

- 1) U-Δυδίων. Κανονικά ξεσπάσματα, με τυπικό διάστημα κάθε 30-100 ημέρες, με διάρκεια 3-10 ημέρες. Όσο πιο μεγάλο το διάστημα, τόσο πιο μεγάλο και το ξέσπασμα.

- 2) SU-Μεγ. Άρκτου. Με περιστασιακά υπερ-ξεσπάσματα, 1-2 mag λαμπρότερα από τα κανονικά. Τα κανονικά επαναλαμβάνονται κάθε 20-30 ημέρες, με διάρκεια λίγες ημέρες. Τα υπερ-ξεσπάσματα επαναλαμβάνονται από κάθε 6 μήνες ως και χρόνια, με διάρκεια 10-20 ημέρες.

- 3) Z-Καμηλοπάρδαλης. Όμοια με τα U-Δίδυμων, αλλά με περιστασιακή παύση στο ελάχιστο. Σε ανώμαλα διαστήματα η λαμπρότητα δεν πέφτει στο ελάχιστο, αλλά παραμένει σε μεσαία κατάσταση από μήνες ως και χρόνια. Μάλλον αιτία είναι η παροδική αυξημένη μεταφορά μάζας στον συνοδό.

Το φάσμα των νάνων Νοβα. Παρατηρούμε ισχυρό συνεχές με πλατιές γραμμές εκπομπής της σειράς (Balmer H), (HeI), (CaII), συχνά με 2 κορυφές. Αυτές οι γραμμές σχηματίζονται γύρω και μέσα στον δίσκο προσαύξησης. Στο μέγιστο εξαφανίζονται οι γραμμές εκπομπής, και έχουμε ισχυρές γραμμές απορρόφησης.

Η αιτία των ξεσπασμάτων είναι η αστάθεια του δίσκου προσαύξησης (πτώση μέρους του στον λευκό νάνο). Η πηγή ενέργειας των ξεσπασμάτων είναι η απελευθέρωση της βαρυτικής ενέργειας. (Σημείωση 1)

.Μαγνητικά συστήματα

Δεν υπάρχει πια δίσκος προσαύξησης και η ύλη πέφτει στον λ. νάνο μέσα από πίδακες που οδηγούνται από μαγνητικές γραμμές.

Συμβιωτικά αστέρια

Αστέρια με συγκεκριμένα φάσματα. Είναι όμοιοι με μερικούς κατακλυσμικούς. Αποτελούνται από έναν ψυχρό γίγαντα (με μοριακούς δεσμούς) και έναν πυκνό καυτό συνοδό, συνήθως έναν λ. νάνο. Με γραμμές εκπομπής, κατά μέρος πολύ ιονισμένες. Σε όλους τους συμβιωτικούς ρέει υλικό από τον γίγαντα στον συνοδό, μέσω δίσκου προσαύξησης ή αστρικού ανέμου. Η περίοδος περιφοράς είναι από 100 ημέρες ως λίγα έτη. Η περίοδος μεταβλητότητας μπορεί να είναι ημερών, αλλά και ετών. Σε μερικούς παρατηρούμε ξεσπάσματα όμοια με αυτά στους Νοβα, με μεγάλο βαθμό μεταβολής. Αίτια των ξεσπασμάτων είναι οι θερμοπυρηνικές συντήξεις ή η αστάθεια του δίσκου. Μερικά εμφανίζουν πίδακες.

Μια υποκατηγορία είναι οι συμβιωτικοί Νοβα, με ξεσπάσματα μερικά mag, με πολύ αργή υποχώρηση (έτη). Σε αντίθεση με τους επανερχομένους Νοβα ο γίγαντας δεν γεμίζει όλο τον κρίσιμο όγκο. Η άλλη υποκατηγορία είναι οι τύπου Mira, με χαρακτηριστικό υπέρυθρο που παραθέτει σε κέλφος σκόνης, που απορροφάει το ορατό φως.

.Διπλοί ακτίνων X

Ημιχωρισμένα συστήματα με κύριο συνοδό μαύρη τρύπα ή αστέρι νετρονίων (το σύστημα επιβίωσε την έκρηξη σουπερνόβα II). Γενικά, ανακαλύφθηκαν από τη δυνατή τους εκπομπή στις ακτίνες X. Έχουν 2 υποκατηγορίες.

- 1) Διπλοί X μεγάλης μάζας.

Σχετικά μικρή ένταση ακτίνων X σε σχέση με το ορατό. Η περίοδος περιφοράς τους είναι μερικές ημέρες.

α) Ο δευτερεύων μπορεί να είναι μεγάλης μάζας OB αστέρας. Για να έχει πολύ ισχυρό μαγνητικό πεδίο, ο αστέρας νετρονίων πρέπει να είναι νέος. Έτσι καταρρέει (ιονισμένη) ύλη από το μεγάλο αστέρι και οδηγείται από τις μαγνητικές γραμμές στους πόλους του αστέρα νετρονίων. Εκεί θερμαίνεται πολύ, με συνέπεια την έκλυση ακτίνων X. Επίσης το παλσαρ κερδίζει στροφορμή από το σύστημα (επιταχύνει την περιστροφή του, αντί να την μειώσει, όπως είναι το φυσικό με την πάροδο του χρόνου. Αυτά τα παλσαρ λέγονται ανακυκλωμένα (recycling)).

Λόγω περιστροφής υπάρχει παλμός στην ακτινοβολία (παλσαρ X). Να μην τον μπερδεύουμε με τον παλμό ραδιοκυμάτων στα παλσαρ, που εκπέμπει μη θερμική σχετικιστική ακτινοβολία. Η περίοδος παλμού είναι 0,7 ως μερικές εκατοντάδες παλμοί το δευτερόλεπτο. Είναι εξαιρετικά σταθεροί, ιδανικοί χρονομέτρους.

β) Ο αστέρας νετρονίων είναι σε πολύ ελλειπτική τροχιά γύρω από τον αστέρα Be. Αυτός έχει έναν δίσκο που δημιουργήθηκε από τον αστρικό του άνεμο, που τον τέμνει ο αστέρας νετρονίων στην τροχιά του. Τότε έλκει ένα μεγάλο μέρος του δίσκου, με αποτέλεσμα να έχουμε έκλαμψη ακτίνων X.

2) Διπλοί X μικρής μάζας.

Μεγάλη ένταση ακτίνων X σε σχέση με τις οπτικές. Ο δευτερεύων είναι από αστέρι φασματικού τύπου A ως M. Η περίοδος περιφοράς είναι 0,19-17 ημέρες. Η θέρμανση του δευτερεύοντος από την ακτινοβολία X φέρνει οπτικές διαφοροποιήσεις κατά την περιφορά. Δεν έχουμε επικαλύψεις, αλλά μειώσεις της ακτινοβολίας X, λόγω του ρεύματος από τον δίσκο της ύλης που διαφεύγει στην κατεύθυνση της παρατήρησης. Πρόκειται για παλαιά άστρα νετρονίων με ασθενέστερο μαγνητικό πεδίο, χωρίς παλμό, και βρίσκονται κυρίως προς το κέντρο του Γαλαξία.

Τύπος I. Λόγω θερμοπυρηνικών αντιδράσεων (καύση (He)) στην επιφάνειά του (όμοια διαδικασία με αυτήν στα Νοβα) έχουμε τα ξεσπάσματα κάθε ώρες ή ημέρες (μόνο στους διπλούς X μικρής μάζας).

Τύπος II. Με διάστημα ξεσπάσματος 7 δευτερόλεπτα με 1 ώρα. Αιτία είναι η αστάθεια του δίσκου (όπως στους νάνους Νοβα).

Διπλοί X με μαύρη τρύπα. Γίνεται έμμεση διαπίστωση της μ. τρύπας με τον καθορισμό της μάζας του συστήματος. Η διαφορά με τους διπλούς αστέρων νετρονίων είναι ότι η λαμπρότητα στις ακτίνες X δεν είναι συνεχής αλλά έχει 3 στάδια, μαλακό στάδιο (μεγάλης έκλυσης X), σκληρό (μεσαίας X), και παύση, χωρίς ακτίνες X. Έχει να κάνει με μεταβολές στον δίσκο προσαύξεσης, στον ρυθμό ροής της ύλης. Στην παύση δεν υπάρχει ροή ύλης.

Αστέρια επαφής

Και τα 2 αστέρια γεμίζουν τον κρίσιμο όγκο τους. Είναι μια ομάδα με καλά ορισμένες ιδιότητες.

.Οι περίοδοι είναι μικρότεροι της 1 ημέρας, κυρίως 7-12 ώρες, πολύ συχνά με διακυμάνσεις.

.Ο φασματικός τύπος είναι F ή G. Αφού έχουν κοινό κέλυφος τα 2 αστέρια έχουν και κοινό φάσμα.

.Οι μεταβολές λαμπρότητας είναι από δέκατα του mag ως 1 mag.

.Τα αστέρια είναι παραμορφωμένα, σε σχήμα σταγόνας.

.Υπάρχει συνεχής μεταβολή κατά την τροχιακή τους κίνηση χωρίς εμφανή αρχή ή τέλος της επικάλυψης.

Αποτελούν την πλειονότητα των φωτομετρικών μεταβλητών.

Μεταβλητοί επικάλυψης

α) Τύπου Αλγκολ

Έχουν σχεδόν σταθερή λαμπρότητα μεταξύ των 2 ελάχιστων (χωριστός ή ημι-χωριστός στενός διπλός). Οι περίοδοί τους είναι 0.45-9892 ημέρες, με μεταβολή μέχρι 4 mag, αλλά συνήθως κοντά στο 1 mag.

Τα σχήματά τους είναι σφαιρικά. Το παράδοξο του Αλγκολ είναι ότι το K2 με την μικρότερη μάζα είναι πιο εξελιγμένο από το B8. Αυτό σημαίνει ότι το τελευταίο έχασε μάζα, που την πήρε το μικρότερο αστέρι. Οι τύπου Αλγκολ έχουν μεγάλη σημασία γιατί μας επιτρέπουν να καθορίζουμε τις μάζες και τις διαμέτρους των 2 αστέρων.

β) Τύπου β Λύρας. Και οι 2 στενοί διπλοί είναι μεγάλης μάζας, εξελιγμένοι σε γίγαντες ή υπεργίγαντες. Έχουν παραμορφωθεί σε ελλείψεις λόγω παλλιροικών δυνάμεων. Ο ένας έχει γεμίσει τον κρίσιμο όγκο του και μεταφέρει μάζα στον συνοδό του. Οι περίοδοί τους είναι 0,29–198,5 ημέρες. Έχουν μεταβολή μέχρι 3 mag, συνήθως κοντά στο 1 mag.

Μεταβλητοί περιστροφής

.BY-Δράκοντα. Νάνοι προχωρημένου τύπου με γραμμές εκπομπής (CaII H+K) (τύπου dKe, dMe) με μικρής περιόδου μεταβολές (1 ημέρα–5 ημέρες), με μεταβολές μικρότερες από 0,3 mag. Η μεταβολή οφείλεται στη περιστροφή, λόγω της διαφοράς λαμπρότητας που έχουν οι μεγάλες κηλίδες με την φωτόσφαιρα, σε φάση μεγάλης δραστηριότητας λόγω γρήγορης περιστροφής.

.FK Κόμης. Γρήγορα περιστρεφόμενοι γίγαντες με περιοδική φωτομετρική διακύμανση λόγω κηλίδων. Μεγάλη δραστηριότητα στην επιφάνεια. Πρόκειται μάλλον για το τελικό προϊόν της συγχώνευσης συστήματος διπλών επαφής, με δυνατή εκπομπή ακτίνων X.

.RS Canum Venaticorum. Χωριστοί διπλοί με τροχιακή περίοδο 1–14 ημέρες. Ο πιο καυτός συνοδός είναι τύπου F ή G, με εκπομπή (CaII H+K). Οι 2 συνοδοί εξελίχτηκαν κανονικά, δεν γέμισαν τους κρίσιμους όγκους τους. Σε πολλά συστήματα η περιστροφή και η περιφορά τους είναι συγχρονισμένη. Έχουν ακραία δραστηριότητα, λόγω γρήγορης περιστροφής, σε όλα τα μήκη κύματος (στις ακτίνες X ξεπερνάνε την εκπομπή του Ηλίου κατά 1000 φορές). Παρατηρούμε περιοδική φωτομετρική διακύμανση λόγω των κηλίδων τους. Η περιστροφή τους επιταχύνεται από τις σχετικιστικές δυνάμεις μεταξύ τους.

Ελλειψοειδής μεταβλητοί

Είναι διπλοί όπου ο ένας ή και οι 2 έχουν παραμορφωθεί σε έλλειψη, λόγω των μεταξύ τους παλλιροικών δυνάμεων. Η απόστασή τους είναι μικρή αλλά είναι χωριστοί, όχι διπλοί επαφής. Λόγω της τροχιάς και της περιφοράς τους αλλάζει συνεχώς η ακτινοβολός επιφάνειά τους. Μεταβολές μέχρι 0,2 mag.

Παλσαρ

Είναι γρήγορα περιστρεφόμενοι αστέρες νετρονίων.

Μεταβλητότητα 1,15–8,5 ms. Βρέθηκαν χάρη στην εκπομπή τους στα ραδιοκύματα. Οι πολύ γρήγοροι (millisecond pulsar) είναι σε διπλά συστήματα, όπου η μείωση της περιόδου περιφοράς γύρω από το κοινό κέντρο βάρους με τον συνοδό επιτάχυνε την περιστροφή τους.

Να μην τους μπερδεύουμε με τους παλσαρ ακτίνων X που αναφέραμε νωρίτερα. Μόνο ελάχιστα παλσαρ δείχνουν ανιχνεύσιμες γραμμές εκπομπής στο ορατό και σε μικρότερα μήκη κύματος. Το βασικό μοντέλο εκπομπής τους είναι ότι έχουν μεγάλη ταχύτητα περιστροφής και υψηλό μαγνητικό πεδίο που είναι σε κλίση με τον άξονα περιστροφής. Το παλσαρ εκλύει πλάσμα από τους πόλους του, το οποίο αιχμαλωτίζεται στο μαγνητικό πεδίο και περιστρέφεται μαζί του. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάδειξη ισχυρών ηλεκτρικών πεδίων, που επιταχύνουν σε σχετικιστικές ταχύτητες τα ηλεκτρόνια από το πλάσμα. Έτσι έχουμε την εκπομπή μη θερμικού κυλίνδρου ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην κατεύθυνση που δείχνει ο στενός λοβός εκπομπής της. Σαν φάρος, η δέσμη αυτή γίνεται αντιληπτή μόνο όταν κατά την περιστροφή του σηματοθεύει τη Γη.

Την ενέργειά της η δέσμη αυτή την παίρνει από την ενέργεια περιστροφής του παλσαρ. Έτσι σιγά-σιγά το παλσαρ επιβραδύνει την περιστροφή του, μεγαλώνοντας την περίοδό του.

Τα ιδιόρρυθμα αστέρια

Είναι αυτά που έχουν κάποια ιδιαιτερότητα στο φάσμα τους.

.WR (Wolf-Rayet).

Αστέρια με πολύ μεγάλη λαμπρότητα, με διαστελλόμενη ατμόσφαιρα, που χαρακτηρίζονται από τις ακραία πλατιές γραμμές εκπομπής τους. Λόγω της μεγάλης λαμπρότητάς τους ανιχνευτήκαν και έξω από τον Γαλαξία μας. Οι γραμμές, παρόλο που είναι ατομικής και όχι μοριακής προέλευσης, έχουν πάχος μέχρι 10 nm. Το μοντέλο των αστεριών αυτών προβλέπει ένα πολύ γρήγορα διαστελλόμενο κέλυφος, που εκπέμπει λόγω της θέρμανσής του από το αστέρι. Ένα τέτοιο αστέρι παρουσιάζει απώλεια μάζας 10στη-5 ηλιακές το χρόνο. Παρατηρούμε γραμμές από (HeI), (HeII), (CII-IV), (NIII-V), (OVI), (Al), (Si), (P), (S) με το (H) πολύ φτωχό. Περίπου το 98% τους παρουσιάζει (He), με υπερβολικό (Ne) (παρατήρηση στο υπέρυθρο).

Χωρίζονται σε 2 είδη, τα WC με ισχυρή γραμμή (C) και τα WN με ισχυρές γραμμές (N), (O). Η διαφορά τους είναι στην αναλογία (C)/(O).

Η επιφανειακή θερμοκρασία τους είναι 25000-30000 K, όχι καλά ορισμένη, έτσι η θέση τους στο διάγραμμα είναι αβέβαιη. Έχουν μάζα τουλάχιστον 20 ηλιακές και ακτίνα από 3 ως 25 ηλιακές. Το 50% τους δείχνει φωτομετρική μεταβολή μερικών εκατοστών του mag.

Πολλά από αυτά είναι σε διπλά συστήματα (περισσότερα από τα μικρότερα αστέρια), με συνοδό ένα κανονικό αστέρι τύπου O. Παρατηρούμε διακυμάνσεις φωτός με φάσεις λόγω επικάλυψης και σχετικιστικών φαινομένων. Το στάδιο WR το περνάνε όλα τα αστέρια με αρχική μάζα πάνω από 20 ηλιακές. Τα WN καίνε (H), ενώ τα WC (He) (τα μόνα αστέρια κύρια ακολουθίας που καίνε ήλιον). Λόγω ισχυρού αστρικού ανέμου απομακρύνουν το (H) από την αστρική επιφάνεια. Έτσι παρουσιάζονται συρρικνωμένα με καυτή επιφάνεια. Τα αστέρια αυτά περνάνε αυτή τη φάση στο 10-30% της παραμονής τους στην κύρια ακολουθία.

.Αστέρια Of.

Τα πιο καυτά μη εκρηκτικά αστέρια. Εκτός το σύνηθες φάσμα

απορρόφησης των αστεριών O έχουν γραμμές εκπομπής (NIII), (HeII), (H α).

Αυτές μας παραπέμπουν σε εκτεταμένη, διαστελλόμενη ατμόσφαιρα με ισχυρούς αστρικούς ανέμους. Είναι μάλλον αστέρια με αρχική μάζα 60-120 ηλιακές, που λόγω μεγάλης απώλειας μάζας αυτή είναι πια κατά 50% λιγότερη.

.Αστέρια Be

Πολύ ετερογενή κατηγορία, χρησιμοποιείται για πολλά είδη αστεριών B.

O ορισμός σήμερα είναι αστέρια O6-B9, με κλάση λαμπρότητας V-III, με

γραμμές εκπομπής υδρογόνου. Έχουν έναν γρήγορα περιστρεφόμενο δίσκο ή ένα κέλυφος. Η φωτομετρική διακύμανση μπορεί να είναι από εβδομάδες ως δεκαετίες, ανάλογα με τον σχηματισμό ή τη διάλυση του δίσκου. Η μπορεί να είναι ημέρες ως εβδομάδες, λόγω περιόδων επικάλυψης του διπλού αστερά.

Αποτελούν το 20% των αστεριών B. Πρόκειται για πολύ γρήγορα περιστρεφόμενα αστέρια, με μειωμένη βαρύτητα στον ισημερινό τους, που οδηγεί σε επέκταση του δίσκου σε αυτό το επίπεδο.

.Αστέρια CNO.

Αστέρια O8-B4, με κλάση λαμπρότητας Ia-V, με ασυνήθιστα ισχυρές ή αντίθετα αδύνατες γραμμές των (C), (N), (O). Διακύμανση φωτεινότητας από λεπτά ως έτη. Έχουν πολύ αργή περιστροφή.

.Αστέρια ηλίου (He).

Καυτά αστέρια O-B με πολύ ισχυρές γραμμές απορρόφησης (He) και αδύνατες ή ανύπαρκτες γραμμές (H). Έχουν χάσει το εξωτερικό, πλούσιο σε (H) κέλυφος και φαίνεται ο πυρήνας τους από (He). Αιτία για αυτό αποτελεί η εξέλιξη σε WR ή η απώλεια μάζας από συνοδό.

.Αστέρια Ap.

Χημικά ιδιόρρυθμα αστέρια B5-F5, με ανώμαλα δυνατές γραμμές συγκεκριμένων στοιχείων με ατομικό αριθμό >12, ως πολύ βαριά στοιχεία ((Mg), (Hg), (Si),

(Cr), (Sr), (Eu)). Έχουν θερμοκρασία 8000–15000 K, με ισχυρό μαγνητικό πεδίο και αργή περιστροφή. Λέγονται και μαγνητικά αστέρια. Η μεταβλητότητά τους είναι 0,001–0,1 mag σε 0,5–160 ημέρες, λόγω ανώμαλης φωτεινότητας της περιστρεφόμενης ατμόσφαιρας. Όταν το (Eu) είναι δυνατό, το (Cr) δεν είναι, και ανάποδα. Τα αστέρια (Eu)–(Cr)–(Sr) είναι τα πιο ψυχρά της ομάδας. Τα (Si) έχουν θερμοκρασία 12000 K. Λόγω αργής περιστροφής και μεγάλης θερμοκρασίας τους έχουν απουσία της συναγωγής. Όταν ένα στοιχείο απορροφήσει φωτόνια, η πίεση ακτινοβολίας το ανεβάζει στην επιφάνεια. Έτσι το στοιχείο παρουσιάζει πλεόνασμα, ενώ άλλα στοιχεία βυθίζονται και δεν φαίνονται. Αυτά τα αστέρια έχουν ισχυρό μαγνητικό πεδίο.

.Καυτά Ap αστέρια ((Hg)–(Mn) αστέρια).

Ανάλογα την υπεροχή των γραμμών έχουμε αστέρια Μαγγανίου ή Υδραργύρου. Τα πιο πολλά βρίσκονται σε διπλά αστέρια.

.Αστέρια γραμμών μετάλλων ((Am), (Fm)).

Αστέρια A και F που παρουσιάζουν ανώμαλα αδύνατη γραμμή (CaII), (ScII), όταν οι γραμμές των άλλων μετάλλων, κυρίως του σιδήρου, είναι ανώμαλα δυνατές. Τα Am περιστρέφονται αργά και δεν έχουν ισχυρό μαγνητικό πεδίο, ξεχωρίζοντας έτσι από τα Ap. Λόγω διάχυσης ξεχωρίζουν τα στοιχεία τους (απουσία συναγωγής).

.Αστέρια λ-Βοώτη

Μικρή κατηγορία αστεριών A (Πληθυσμού I) με αδύνατες γραμμές μετάλλων και αργή περιστροφή.

.Φτωχά σε υδρογόνο αστέρια άνθρακα.

Χωρίς γραμμές (H), με πλεόνασμα άνθρακα. Υπάρχουν σε όλους τους φασματικούς τύπους, πρόκειται μάλλον για το καυτό τέλος αστερών R – βορείου Στεφάνου και των αστερών άνθρακα.

.Ιδιόρρυθμα αστέρια G–M

α) Αστέρια με ανωμαλία (CH). Ασθενή σε (CH) αστέρια με λίγο (C), με πλεόνασμα σε (N). Η αναλογία (C)/(H) είναι 70 φορές λιγότερη από αυτή του Ηλίου μας. Δυνατά σε (CH), και δυνατές γραμμές στοιχείων από s-progress (αργή απορρόφηση νετρονίων). Πρόκειται μάλλον για εξέλιξη αστερών άνθρακα σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

β) Αστέρια με ανωμαλία (CN). Αδύνατα στο (CN), με αδύνατα μέταλλα, ή δυνατά στο (CN), με δυνατά (CH), (CaI).

γ) Αστέρια (Ba).

Δυνατή γραμμή (Ba), ενισχυμένες (CH), (C2), (SII). Συγγενείς με τα αστέρια (C).

.Ιδιόρρυθμα αστέρια (K), (M).

Γίγαντες με διαφορά στην αναλογία (C)/(O).

1) Αστέρια άνθρακα (αστέρια (C)). Εξελιγμένοι γίγαντες και υπεργίγαντες με πλεόνασμα σε (C) και (O), με όλες τις συνδέσεις του άνθρακα ενισχυμένες ((CH), (CN), (C2), (C3)). Τα στοιχεία s-progress παρουσιάζονται ενισχυμένα. Έχουν θερμοκρασίες 4400–2200 K.

2) Αστέρια S. Αναλογία άνθρακα και οξυγόνου 1 προς 1. Σχεδόν όλο το (C) και το (O) έχει ενωθεί σε (CO). Σε αυτά έγινε η πρώτη ανακάλυψη του στοιχείου τεχνίτιο.

.Εσπάσματα ακτίνων γ (gamma ray burst, GRB)

Έτσι ονομάζουμε τις αναλαμπές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γ με διάρκεια λίγα δευτερόλεπτα και χαρακτηριστική <ηχώ> φωτός σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα με διάρκεια ημέρες ως εβδομάδες. Έχουν μεγάλη φασματική διακύμανση κατά το ξέσπασμα και συνήθως η εξέλιξη είναι από σκληρή σε μαλακότερη ακτινοβολία. Ο μηχανισμός τους είναι έκλυση ενέργειας από αντικείμενο σε μεγάλη απόσταση. Πρέπει να απελευθερώνεται η ενέργεια από περιοχή μεγέθους 100 χιλιομέτρων μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Στα εσωτερικά κρουστικά κύματα (τα πιο κοντινά στην πηγή) κυριαρχεί η ακτινοβολία γ, στα εξωτερικά οι πιο μαλακές ακτινοβολίες.

Η πηγή είναι μια ισχυρή έκρηξη σουπερνόβα, όπου εκτοξεύεται ένα σύννεφο από πλάσμα με περίπου τη μάζα της Σελήνης. Όταν το πλάσμα διαπερνάει το καυτό κέλυφος ύλης που υπάρχει γύρω από το αστέρι, θερμαίνεται και εκπέμπει ακτίνες X, οι οποίες μετατοπίζονται στο φάσμα (Ντοπλερ) σε γ λόγω της κίνησης του πλάσματος. Οι πολλές κορυφές του ξεσπάσματος δηλώνουν την ύπαρξη πολλών τέτοιων σύννεφων. Η <ηχώ> έχει καθυστέρηση άφιξης λόγω της αλληλεπίδρασης της πιο μαλακής ακτινοβολίας με την μεσοαστρική ύλη.

Τα αστέρια που δημιουργούν τέτοιες εκρήξεις σουπερνόβα II (δεν έχουν υδρογόνο στο φάσμα τους) είναι WR με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής, στα οποία καταρρέει ο πυρήνας σιδήρου τους. Η έκλυση ακτίνων γ μπορεί να έχει ως απαραίτητη προϋπόθεση την ύπαρξη ενός στενού διπλού συστήματος, την χαμηλή μεταλλικότητα, την γρήγορη περιστροφή ή την μεγάλη μάζα.

Ακόμα, πιστεύεται ότι στην συγχώνευση 2 αστέρων νετρονίων ή 2 μ. τρυπών δημιουργείται πάλι μια μ. τρύπα με έκλυση ακτίνων γ.

Τα ξεσπάσματα μεγάλης διάρκειας (20s) συμβαίνουν κυρίως σε γαλαξίες - νάνους με μικρότερη μεταλλικότητα του Ηλίου (ίσως επειδή η χαμηλή μεταλλικότητα βοηθάει την γέννηση τεράστιων αστεριών). Τα μικρής διάρκειας ξεσπάσματα (0,5 sec) παρατηρούνται σε όλους τους γαλαξίες. Η μεγάλη έκλυση ενέργειας ιονίζει το περιβάλλον της. Σημειώνεται μια διακύμανση των ιονισμένων στοιχείων ((SiII), (FeII), (NiII)) σε απορρόφηση στο φάσμα της ηχώ μέσα στην πρώτη ώρα από το ξέσπασμα. Σε ξεσπάσματα απόστασης $Z > 6$ ελπίζουμε να δούμε τον επανιονισμό του πρώιμου σύμπαντος. Επίσης, ελπίζουμε να μπορέσουμε να μελετήσουμε την ένταση της αστρογέννησης εκείνης της εποχής, μιας και μιλάμε για τεράστια αστέρια με πολύ μικρή διάρκεια ζωής. Τέλος, θέλουμε να τις χρησιμοποιήσουμε για παράμετρο της ταχύτητας της συμπαντικής διαστολής.

Σημείωση 1

Συσσώρευση ύλης.

Η διαδικασία με την οποία ένα αστέρι απορροφάει ύλη ονομάζεται συσσώρευση. Η βαρυτική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική της ύλης που πέφτει στο αστέρι, και στην επιφάνεια του αστεριού σε θερμική. Για συγκεκριμένη μάζα, όσο πιο μικρό το μέγεθος του αστέρα (π.χ., αστέρι νετρονίων έναντι λευκό νάνο), τόσο πιο πολύ ενέργεια απελευθερώνεται. Σε ένα διπλό σύστημα, όπου έχει γεμίσει ο λοβός Roche, διαφεύγει ύλη μέσω του σημείου Lagrange στο μεγάλης μάζας αστέρι- συνοδό (συνήθως αστρικό πτώμα). Λόγω διατήρησης της στροφορμής η ύλη δεν μπορεί να πέσει κατευθείαν στο αστέρι, αλλά το προσεγγίζει από τα πλάγια. Η ύλη τότε σχηματίζει έναν δίσκο προσαύξησης στον ισημερινό του αστέρα. Οι διαταραχές στον δίσκο (η τριβή των πιο αργών εξωτερικών μερών του με τα πιο γρήγορα εσωτερικά του μέρη) ανακατανέμει την στροφορμή του. Η περισσότερη ύλη χάνει στροφορμή και πέφτει στο αστέρι, ενώ ένα μέρος της κερδίζει στροφορμή και εκτινάσσεται από τον δίσκο, σε τροχιά γύρω από το διπλό αστρικό σύστημα. Η κινητική ενέργεια της ύλης που πέφτει στο αστέρι μετατράπηκε σε θερμική του δίσκου. Έτσι αυτός ακτινοβολεί στις ακτίνες X κοντά στον συνοδό μεγάλης μάζας και στις υπεριώδεις και ορατές στις υπόλοιπες (πιο εξωτερικές) περιοχές του.

Ακτινοβολία X έχουμε και από την επιφάνεια ενός αστέρα νετρονίων, όταν απορροφάει ύλη από έναν λευκό νάνο. Εκεί η ύλη αναγκάζεται να επιβραδύνει απότομα στην επιφάνεια του αστέρα νετρονίων, με αποτέλεσμα να θερμανθεί πολύ. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται διπλοί ακτίνων X.

Συσσώρευση σε λευκό νάνο- κατακλυσμικοί μεταβλητοί. Παρουσιάζουν δραματικές μεταβολές λαμπρότητας στο οπτικό, υπεριώδες και στις ακτίνες X. Στους κατακλυσμικούς, η μεταφορά γίνεται αποκλειστικά από το γέμισμα του λοβού Roche, δεν υπάρχει περίπτωση αστρικού ανέμου προς τον λ. νάνο. Η κυριότερη κατηγορία τους είναι οι νάνοι Νοβα και οι κλασσικοί Νοβα.

Οι νάνοι Νοβα παρουσιάζουν ιδιόρρυθμα ξεσπάσματα εκπομπής. Η λαμπρότητα αυξάνεται κατά 2- 5 mag σε λίγες ημέρες και ακολουθεί πιο αργή μείωση. Τα ξεσπάσματα δεν είναι περιοδικά, αλλά επανεμφανίζονται μετά από εβδομάδες ως μήνες. Η οπτική λαμπρότητα του συστήματος κυριαρχείται από την εκπομπή του δίσκου συσσώρευσης, και φαίνεται τα ξεσπάσματα να προκαλούνται από αστάθειες στον δίσκο. Όταν ένας νάνος Νοβα είναι σε κατάσταση ηρεμίας, η ύλη έχει αργή ροή μέσα από τον δίσκο, με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται σε αυτήν. Το ξέσπασμα σημαίνει ότι ξαφνικά η ύλη περνάει μέσα από τον δίσκο γρήγορα, δίνοντας απότομη αύξηση της λαμπρότητας.

Οι κλασικοί Νοβα χαρακτηρίζονται επίσης από ξεσπάσματα λαμπρότητας, αλλά με πάνω από 10 mag! Αυτά διαρκούν ημέρες ή εβδομάδες πριν εκτονωθούν αργά. Ο μηχανισμός τους είναι οι θερμοπυρηνικές συντήσεις στην επιφάνεια του λευκού νάνου (σε αντίθεση με την απότομη αύξηση ροής της ύλης στον δίσκο στους νάνους Νοβα). Λόγω της συσσώρευσης ύλης, πλούσιας σε υδρογόνο, στην επιφάνεια του λευκού νάνου, η πίεση και θερμοκρασία στον πυθμένα αυτού του στρώματος ύλης επιτρέπει την έναρξη της θερμοπυρηνικής σύντηξης του υδρογόνου (είδαμε ότι η ύλη στα εξωτερικά στρώματα του λ. νάνου δεν είναι εκφυλισμένη). Αυτή σηματοδοτεί μια εκρηκτική απομάκρυνση ύλης από την επιφάνεια του λ. νάνου, στην οποία οφείλεται η έκρηξη λαμπρότητας. Ο λευκός νάνος όμως όλο και αποκτάει μεγαλύτερη μάζα (μένει το ήλιον από την μεταστοιχείωση του υδρογόνου), και μετά από πολλές τέτοιες εκρήξεις ξεπερνάει το όριο Chandrasekhar, με αποτέλεσμα την έκρηξη SNIa. Τότε δεν θα αφήσει κανένα αστρικό υπόλειμμα και θα διασκορπίσει τα βαρύτερα στοιχεία του (και της οικογένειας του σιδήρου) στην μεσοαστρική ύλη.

