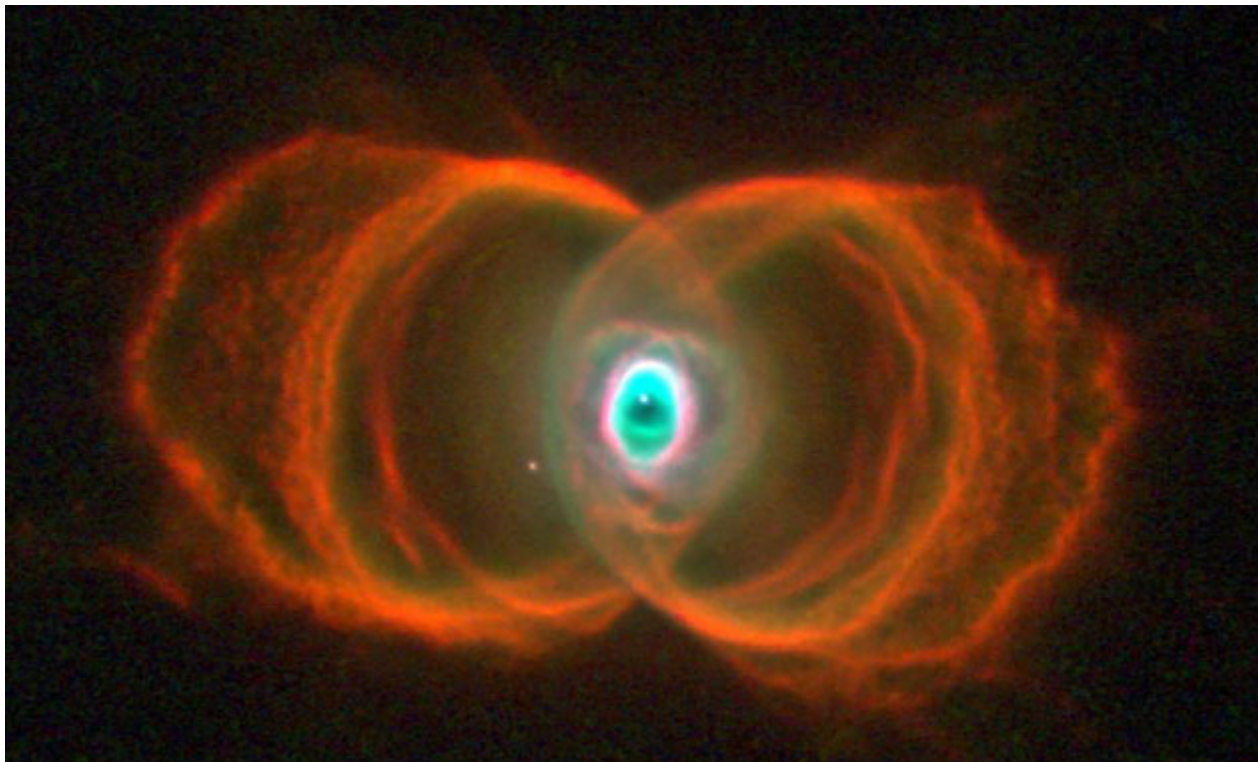


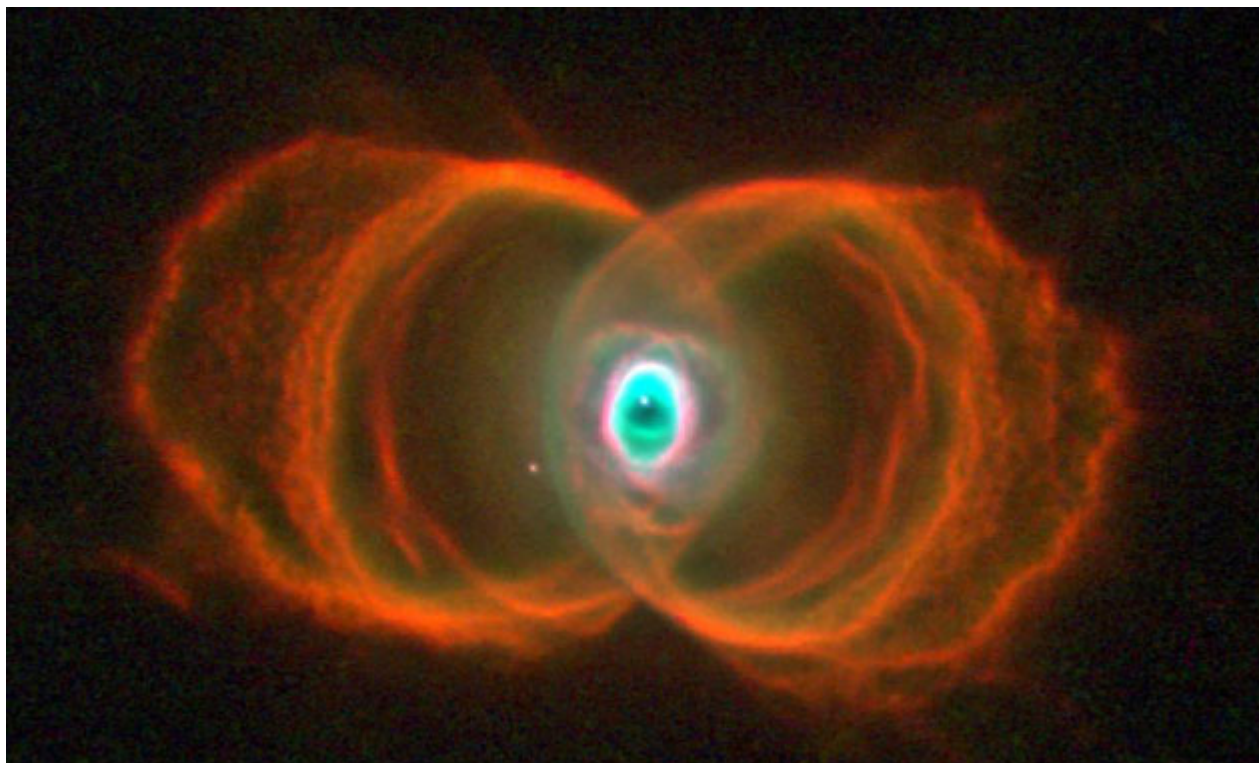
4 Σεπτεμβρίου 2013

Πλανητικά Νεφελώματα και Άσπροι Νάνοι

Επιστήμες / Αστρονομία - Αστροφυσική - Διάστημα

Διονύσης Π. Σιμόπουλος, Επίτιμος Δ/ντής του Πλανηταρίου του Ιδρύματος Ευγενίδου





Το νεφέλωμα MyCn18, φωτογραφημένο από το τηλεσκόπιο Hubble (πηγή: NASA)

Το τέλος της ζωής κάθε άστρου συνδέεται με ένα από τα πιο θεαματικά αντικείμενα στον ουρανό.

Το προτελευταίο κεφάλαιο της ζωής για κάθε άστρο που ζει στο Σύμπαν είναι το στάδιο του Κόκκινου Γίγαντα. Σ' αυτό το στάδιο ένα άστρο βρίσκεται στον προθάλαμο του θανάτου του. Όταν ένα άστρο με λιγότερα υλικά από τέσσερις ηλιακές μάζες, γίνει κόκκινος γίγαντας, μπαίνει σε μια περίοδο αστάθειας. Η βαρυτική του δύναμη δεν είναι ικανή να συγκρατήσει τα εξωτερικά του στρώματα τα οποία αποχωρίζονται σιγά-σιγά και διαφεύγουν στο Διάστημα. Τα αέρια αυτά στρώματα αποχωρώντας σχηματίζουν ένα διαστελλόμενο κέλυφος, το οποίο στα τηλεσκόπιά μας φαίνεται σαν ένας δακτύλιος αερίων. Οι αστρονόμοι των περασμένων αιώνων, με τα μικρά τους τηλεσκόπια νόμιζαν ότι τα αντικείμενα αυτά έμοιαζαν με πλανήτες, γι' αυτό και τα ονόμασαν πλανητικά νεφελώματα.

Τα διαστελλόμενα αέρια των πλανητικών νεφελωμάτων περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής μάζας ενός άστρου, και καθώς αποχωρίζονται απ' αυτό, αφήνουν πίσω τους, αποκαλύπτοντάς τον συγχρόνως, τον γυμνό υπερθερμασμένο πυρήνα του. Ο πυρήνας αυτός αποτελείται από άνθρακα και οξυγόνο, που είναι τα κατάλοιπα, η «στάχτη», των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων του ηλίου. Αντικρίζουμε δηλαδή το «πτώμα» του αρχικού άστρου, που έχει φτάσει πια στα τελευταία του.

Παρόλο όμως που ο πυρήνας αυτός έχει πάψει να παράγει ενέργεια (αφού οι

θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο κέντρο του έχουν σταματήσει), εκπέμπει τεράστιες ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολίας, ενώ η επιφανειακή του θερμοκρασία φτάνει ή και ξεπερνάει τους 100.000 βαθμούς Κελσίου. Η μεγάλη όμως αυτή θερμότητα οφείλεται στην τρομαχτική συμπίεση των υλικών του που έχουν περιοριστεί σε μια σφαίρα στο μέγεθος της Γης μας. Το αρχικό δηλαδή άστρο έχει μετατραπεί σ' έναν άσπρο νάνο, που ακτινοβολεί ένα έντονο γαλαζόλευκο φως από μια επιφάνεια 16.000 φορές μικρότερη από την αρχική του.

Τα διαστελλόμενα αέρια του κελύφους που περιβάλλει πλέον τον νεοαποκαλυφθέντα άσπρο νάνο «ερεθίζονται» από την υπεριώδη ακτινοβολία του και λάμπουν. Μερικές εκατοντάδες μόνο πλανητικά νεφελώματα έχουν ανακαλυφθεί μέχρι τώρα γιατί η διάρκεια της ζωής τους είναι σχετικά μικρή. Μέσα σε 50.000 χρόνια τα αέρια αυτά διασκορπίζονται στο Διάστημα, παύουν να «ερεθίζονται» από τον κεντρικό τους άσπρο νάνο, και δεν φαίνονται πια από τα τηλεσκόπιά μας.

Η πυκνότητα όμως της μάζας ενός άσπρου νάνου είναι τεράστια. Ένα μόνο «κουταλάκι» από τα υλικά του μπορεί να «ζυγίζει» μέχρι και 1.000 τόνους. Κάτω από τόσο μεγάλες πιέσεις τα υλικά αυτά είναι τελείως ιονισμένα, που σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια έχουν αποχωριστεί τελείως από τους ατομικούς τους πυρήνες. Σύμφωνα όμως με την απαγορευτική αρχή του Pauli (στην κβαντομηχανική) το σύννεφο αυτό των ηλεκτρονίων δεν μπορεί να συμπιεστεί και να περιοριστεί πέρα από έναν ορισμένο όγκο. Σ' αυτό το όριο η ύλη βρίσκεται σε μια «εκφυλισμένη» κατάσταση η οποία απαγορεύει στα ηλεκτρόνια να πλησιάσουν πολύ το ένα στο άλλο. Έτσι τα ελεύθερα, «εκφυλισμένα» ηλεκτρόνια εξασκούν μια ισχυρότατη πίεση που αντιστέκεται σε οποιαδήποτε περαιτέρω συμπίεση του άσπρου νάνου με αποτέλεσμα την εξισορρόπηση του. Σ' αυτή τη φάση η θερμοκρασία του άσπρου νάνου έχει πέσει στους 50.000 βαθμούς Κελσίου.

Ο εξωτερικός του μανδύας, και μέχρι βάθους 50 περίπου χιλιομέτρων, περιλαμβάνει το 1 δεκάκις χιλιοστό της ύλης του. Στο λεπτό αυτό στρώμα η πίεση είναι αρκετά μικρή και τα εκεί ευρισκόμενα ηλεκτρόνια δεν είναι εκφυλισμένα. Έτσι καθώς τα νετρίνα, που παράγονται στο κέντρο του, «δραπετεύουν» από τον νεκρό πια άσπρο νάνο, παίρνουν μαζί τους και μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Η διαρροή αυτή και των τελευταίων αποθεμάτων ενέργειας που διαθέτει ο άσπρος νάνος, έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχή του ψύξη.

Μέσα σε δέκα εκατομμύρια χρόνια μετά τον σχηματισμό του, ένας άσπρος νάνος έχει το ένα δέκατο της λαμπρότητας του Ήλιου και επιφανειακή θερμοκρασία 30.000 βαθμών Κελσίου. Έτσι καθώς ο άσπρος νάνος χάνει συνεχώς την θερμότητά του, τα ιόντα που τον αποτελούν αρχίζουν να συνδέονται μεταξύ τους σε μια «ρευστή» κατάσταση.

Σ' ένα δισεκατομμύριο χρόνια οι ατομικοί πυρήνες κρυσταλλοποιούνται μετατρέποντας σιγά-σιγά τον άσπρο νάνο σ' ένα κρυσταλλικό στερεό (κβαντικό στερεό), αρχίζοντας πρώτα από το κέντρο του και ανεβαίνοντας προς τα εξωτερικά του στρώματα. Η φάση αυτή της κρυσταλλοποίησης ενός άσπρου νάνου απαιτεί πολλά δισεκατομμύρια χρόνια που σημαίνει ότι κανένας άσπρος νάνος στον Γαλαξία μας δεν έχει ολοκληρώσει ακόμη αυτή την φάση, γιατί κανένας τους δεν υπάρχει σήμερα που να έχει μικρότερη λαμπρότητα από το ένα δεκάκις χιλιοστό της λαμπρότητας του Ήλιου. Όταν όμως αυτή η φάση ολοκληρωθεί ο άσπρος νάνος δεν θα ακτινοβολεί πλέον καθόλου και θα έχει μετατραπεί σ' έναν κρυστάλλινο, άψυχο, μαύρο νάνο.

<http://bit.ly/1aRjbU2>