

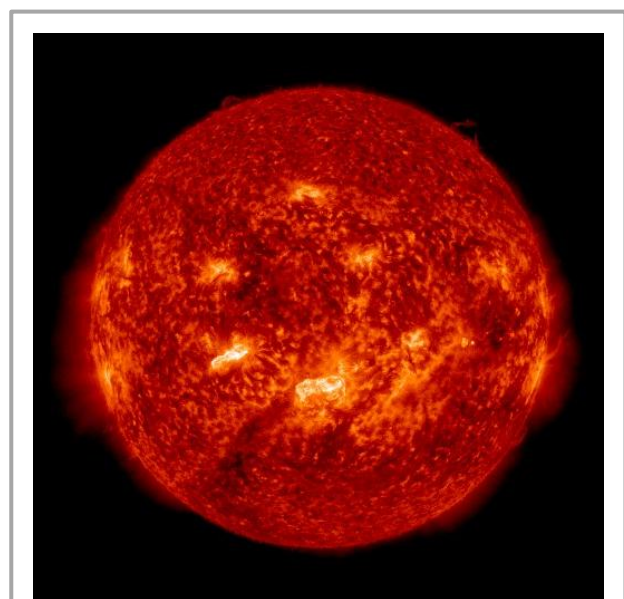


## Περί Ατόμων και Συμπάντων (#1): «Το μέλλον του Ήλιου μας»

(επιμέλεια: Φοίβος Δημητρίου)

Ο Ήλιος, είναι ο αστέρας του ηλιακού μας συστήματος, και συντηρεί την ζωή πάνω στην Γή. Χωρίς αυτόν, δεν θα ήταν δυνατόν να υπάρξει ζωή. Κάθε δευτερόλεπτο, ο Ήλιος καταναλώνει 655 εκατομμύρια τόνους ύλης, και 5 εκατομμύρια τόνοι μετατρέπονται σε ενέργεια από την εξίσωση μετατροπής του Άλμπερτ Αινστάιν:  $E=mc^2$ . Αυτή την ενέργεια, η Γή την εκλαμβάνει κυρίως ως φως και θερμότητα. Σήμερα, ο Ήλιος έχει ηλικία 4,5 δισεκατομμύρια έτη, και εκτιμάται ότι θα συνεχίσει να είναι αστέρι της κύριας ακολουθίας (βλ. παρακάτω), για ακόμα 4 ή 5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Ο Ήλιος, αποτελείται από υδρογόνο (74%), ήλιο (25%), και από άλλα βαρύτερα στοιχεία (1%). Στο πυρήνα του, η θερμοκρασία αγγίζει τους 15,7 εκατομμύρια βαθμούς Κέλβιν, ενώ η πίεση φθάνει τις  $2 \times 10^{11}$  ατμόσφαιρες (atm). Υπό τέτοιες συνθήκες, τα άτομα του υδρογόνου βρίσκονται σε *ιονισμένη κατάσταση*, δηλαδή αποτελείται από ελεύθερα ηλεκτρόνια και πυρήνες υδρογόνου (πρωτόνια). Αυτή η κατάσταση, ονομάζεται **πλάσμα**, και κατατάσσεται ως η 4<sup>η</sup> κατάσταση της ύλης (οι υπόλοιπες τρεις είναι η στερεή, η υγρή και η αέρια).



*Πρόσφατη φωτογραφία του Ήλιου, από το Solar Dynamics Observatory, το πιο εξελιγμένο ηλιακό παρατηρητήριο στη Γή.*

Εξαιτίας της τεράστιας πίεσης που επικρατεί στο εσωτερικό του Ήλιου, τα άτομα είναι πολύ συμπιεσμένα, και εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας, οι ταχύτητες τους είναι πολύ μεγάλες. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα οι συγκρούσεις μεταξύ των πυρήνων των ατόμων του υδρογόνου, να είναι τόσο ορμητικές και βίαιες, που τελικά αυτοί συνενώνονται δημιουργώντας πυρήνες ηλίου, απελευθερώνοντας ταυτόχρονα τεράστια ποσά ενέργειας. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **πυρηνική σύντηξη**.

Οι δυνάμεις που αντιμάχονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής ενός αστέρα, είναι δύο. Καταρχήν, είναι η δύναμη της **βαρύτητας**, η οποία έλκει προς το κέντρο του αστέρα την ύλη από την οποία αποτελείται. Αν υπήρχε όμως μόνο η βαρύτητα, ο αστέρας θα κατέρρεε μέσα σε λίγα λεπτά. Υπάρχει και η δύναμη που αντισταθμίζει την βαρύτητα, και την εμποδίζει να καταστρέψει τον αστέρα. Αυτή, αναπτύσσεται από τις **Θερμοπυρηνικές αντιδράσεις** που συμβαίνουν στον πυρήνα του αστεριού, που προέρχεται από την αύξηση της εσωτερικής πίεσης του αστέρα, λόγω της ενέργειας που απελευθερώνεται. Τελικά, συμπεραίνουμε ότι ένας αστέρας για να ισορροπεί, θα πρέπει οι δύο δυνάμεις να είναι εξισορροπημένες.

Αυτή τη στιγμή, ο Ήλιος καίει το υδρογόνο που υπάρχει στον πυρήνα του, και το μετατρέπει σε ήλιο. Το πρόβλημα είναι, ότι κάποια στιγμή τα αποθέματα του υδρογόνου θα εξαντληθούν, και τότε «η καρδιά του», θα είναι γεμάτη από το προϊόν της καύσης του υδρογόνου, δηλαδή το ήλιο. Από τη στιγμή που σταματάει η καύση του υδρογόνου στο πυρήνα του Ήλιου, σηματοδοτεί ταυτόχρονα το τέλος της παρουσίας του στην κατηγορία αστέρων, στην οποία ανήκει σήμερα (την λεγόμενη **«Κύρια Ακολουθία»**). Μετά την εξάντληση του υδρογόνου, η ισορροπία του Ήλιου καταστρέφεται, διότι σταματούν οι πυρηνικές αντιδράσεις στο πυρήνα του. Αυτό, έχει ως συνέπεια την ελάττωση της πίεσης στο κέντρο του, με αποτέλεσμα η εσωτερική πίεση να μην είναι αρκετή για να συγκρατήσει το βάρος των εξωτερικών στρωμάτων του αστέρα. Έτσι, αρχίζει μια αργή βαρυτική κατάρρευση των εξωτερικών στρωμάτων του Ήλιου προς το κέντρο του, γεγονός που αυξάνει την πίεση άρα και την θερμοκρασία στο κέντρο του.

Όταν η θερμοκρασία φτάσει περίπου τους *100 εκατομμύρια βαθμούς Κέλβιν*, αρχίζει η πυρηνική καύση του ηλίου σε άνθρακα. Η έναρξη αυτής της καύσης συνοδεύεται από τρομερή έκλυση ενέργειας που προκαλεί δραματική διαστολή του αστέρα. Η διαστολή αυτή, έχει αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας των εξωτερικών στρωμάτων, με αποτέλεσμα ο Ήλιος να ακτινοβολεί *ερυθρό φως*. Τότε, ο Ήλιος θα έχει μετατραπεί σε έναν **ερυθρό γίγαντα**.



Όπως είπαμε προηγουμένως, ο Ήλιος σε 4 ή 5 δισεκατομμύρια χρόνια, θα αφήσει την *Κύρια Ακολουθία*, αφού θα έχει τελειώσει το υδρογόνο στο κέντρο του, και θα γίνει ερυθρός γίγαντας. Τότε, ο Ήλιος θα «φουσκώσει» τόσο πολύ, που θα καταπιεί τους 2 πρώτους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος (τον Ερμή και την Αφροδίτη), και θα αποκτήσει **διάμετρο ίση με δύο φορές την σημερινή απόσταση Ήλιου-Γής**.



Πιθανότατα, η έκταση του κόκκινου γίγαντα να περιέχει την σημερινή τροχιά της Γής, όμως σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, η διαδικασία επέκτασης του Ήλιου θα προωθήσει τη Γή σε απομακρυσμένη τροχιά, αποτρέποντας την εξάχνωσή της.

Πριν ακόμα γίνει κόκκινος γίγαντας, η φωτεινότητα του Ήλιου θα έχει σχεδόν διπλασιαστεί, και η *Γή* θα γίνει θερμότερη απ' ό,τι η Αφροδίτη σήμερα. Σε 1 δισεκατομμύριο χρόνια, το νερό της Γής και το μεγαλύτερο μέρος της ατμόσφαιρας θα ξεφύγουν στο διάστημα, καθιστώντας μη κατάλληλες τις συνθήκες που τότε θα επικρατούν για την επιβίωση της ζωής πάνω στην Γή.

Όταν και το ήλιο εξαντληθεί στο πυρήνα του Ήλιου, τότε οι πυρηνικές αντιδράσεις θα σταματήσουν, και το κέντρο του αστέρα θα είναι πλέον γεμάτο από το προϊόν της καύσης του ηλίου, δηλαδή από άνθρακα. Τότε ξεκινάει μια νέα βαρυτική κατάρρευση των εξωτερικών στρωμάτων προς την «καρδιά» του Ήλιου, με αποτέλεσμα να αυξηθεί ξανά η θερμοκρασία στο πυρήνα του. Εφ' όσον η θερμοκρασία δεν θα φτάσει ποτέ τους 1 δις βαθμούς Κέλβιν, για να καεί ο άνθρακας, η βαρυτική συστολή δεν θα σταματήσει και ο Ήλιος θα συστέλλεται συνεχώς. Στη συνέχεια, ο αστέρας θα φτάσει σε σημείο να μην μπορεί να συσταλεί περισσότερο, επειδή η πίεση του αερίου σταματά τη συστολή, και έτσι ο Ήλιος θα έχει γίνει **λευκός νάνος**. Σ' αυτά τα άστρα οι πυρηνικές αντιδράσεις έχουν σταματήσει, και δεν παράγουν ενέργεια. Ακτινοβολούν, όμως, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του εσωτερικού τους, αλλά η επιφανειακή θερμοκρασία και η λαμπρότητά τους συνεχώς ελαττώνονται. Τα άστρα αυτά ψύχονται καταναλώνοντας τη θερμική τους ενέργεια, και στο τέλος καταλήγουν σε σκοτεινά άστρα ή αλλιώς **μελανοί νάνοι**.

Όταν ο Ήλιος γίνει ερυθρός γίγαντας, τα αραιότερα στρώματα, που είναι και τα πιο ψυχρά, θα ψύχονται συνεχώς ακόμα πιο πολύ, λόγω της διαστολής του Ήλιου, και τελικά θα αποβληθούν από το θερμό πυρήνα, και έτσι θα δημιουργηθεί ένα **πλανητικό νεφέλωμα**. Παράδειγμα πλανητικού νεφέλωματος, είναι το νεφέλωμα της Έλικας, το οποίο είναι το λαμπρότερο πλανητικό νεφέλωμα στο γήινο ουρανό.

