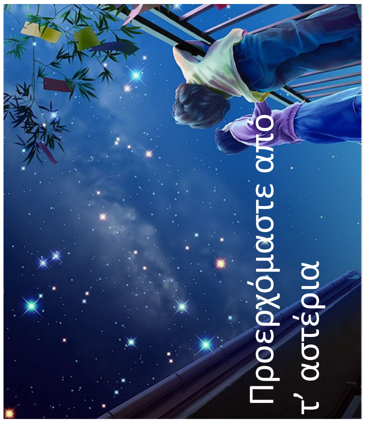
Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου



Προερχόμαστε από τ' αστέρια

Grażyna Stasińska

Αστεροσκοπείο του Παρισιού

Αρ. 14

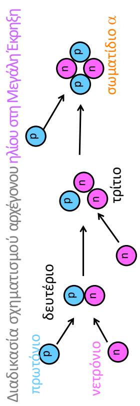
Πρωτόνιο : αποτελείται από τρία στοιχειώδη σωματίδια, τα κουάρκ. Έχει θετικό ηλεκτρικό φορτίο και η μάζα του είναι 1.672 649 × 10^{-24} g.

Νετρόνιο: επίσης αποτελείται από τρία κουάρκ αλλά δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο. Η μάζα του είναι 1.674 93 × 10^{-24} g.

Ηλεκτρόνιο: σωματίδιο αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου, του οποίου η μάζα είναι περίπου 1/2000 αυτού του πρωτονίου.

Υδρογόνο: το ελαφρύτερο από τα στοιχεία. Αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο.

Ήλιο: το ελαφρύτερο σταθερό στοιχείο μετά το υδρογόνο. Αποτελείται από ένα σωματίδιο α και από δύο ηλεκτρόνια.



Διαδικασία σχηματισμού αρχέγονου ηλίου στη Μεγάλη Έκρηξη

Ο George Gamow, σε ένα άρθρο με τους Alpher και Bethe το 1948, πρότεινε τη θεωρία του σχηματισμού αρχέγονου υδρογόνου και ηλίου. Σε αυτό το άρθρο, οι συγγραφείς υποστήριξαν επίσης ότι όλα τα στοιχεία σχηματίστηκαν στη Μεγάλη Έκρηξη με διαδοχικές προσθήκες νετρονίων. Αλλά σε αυτό το σημείο έκαναν λάθος, τα υπόλοιπα στοιχεία γίνονται στα αστέρια.

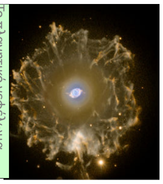
Υδρογόνο και Ήλιον

Όταν το σύμπαν ήταν πολύ πυκνό και ζεστό (T = 10^{12} K), Λίγο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη*, περιείχε μόνο στοιχειώδη σωματίδια ύλης (κουάρκ, ηλεκτρόνια, νετρίνα) και «κόκκους» φωτός που ονομάζονται φωτόνια.

Καθώς ψύχθηκαν, τα κουάρκ συνδυάστηκαν σε πρωτόνια και νετρόνια σε ίσες ποσότητες. Αλλά καθώς η θερμοκρασία έπεσε, τα περισσότερα νετρόνια μετράπηκαν σε πρωτόνια, πού έχουν μικρότερη μάζα. Όταν η θερμοκρασία έπεσε κάτω από 10^9 K, υπήρχαν 7 πρωτόνια για κάθε νετρόνιο.

Τα νετρόνια και τα πρωτόνια έπειτα συνδυάστηκαν για να σχηματίσουν πυρήνες. Ο πιο σταθερός πυρήνας που μπορούσε να σχηματιστεί στις συνθήκες αυτές ήταν το ήλιο. Όλα τα διαθέσιμα νετρόνια χρησιμοποιήθηκαν για να σχηματίσουν το ήλιο, δίνοντας έναν πυρήνα ηλίου για κάθε 12 πυρήνες υδρογόνου στο τέλος της αρχέγονης εποχής, μερικά λεπτά μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.

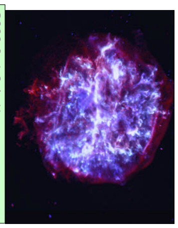
* δείτε tuimp 12



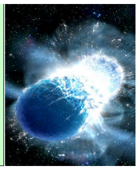
Το πλανητικό νεφέλωμα Μάτι της Γάτας. Φωτογραφία του R. Corradi με το τηλεσκόπιο NOT.

Σύνθετη εικόνα του πλανητικού νεφελώματος Μάτι της Γάτας. Αυτό το αντικείμενο προκύπτει από πολλά επεισόδια αστρικών ανέμων που προέρχονται από το κεντρικό αστέρι, το οποίο βρίσκεται τώρα στη διαδικασία να γίνει λευκός νάνος.

G292.0+1.8: Ένα κατάλοιπο σουπερνόβα προερχόμενο από ένα αστέρι μεγάλης μάζας που διασκόρπισε πολύ οξυγόνο, μαγνήσιο και νέον στο διαστρικό μέσο.



G292.0+1.8 in X-rays. Φωτογραφία της NASA/CXC/SAO



Προβολή Καλλιτέχνη (Dana Berry, SkyWorks Digital).

Αναπαράσταση της σύγκρουσης δύο αστεριών νετρονίων. Πιστεύεται ότι ο χρυσός, το ουράνιο και άλλα βαρειά στοιχεία στο Σύμπαν σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια τέτοιων συγκρούσεων.

Άνεμοι, συγκρούσεις, εκρήξεις

Μερικά από τα στοιχεία που σχηματίζονται σε αστέρια εκτοξεύονται στο διαστρικό μέσο, ενώ τα υπόλοιπα είναι κλειδωμένα για πάντα στα «αστρικά πτώματα» που είναι λευκοί νάνοι, αστέρια νετρονίων και μαύρες τρύπες.

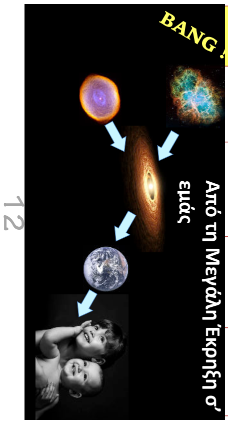
Αστέρια με μάζα μικρότερη από 8 φορές εκείνη του Ήλιου διασκορπίζουν τα εξωτερικά τους στρώματα με ειρηνικό τρόπο, εκτοξεύοντας άζωτο, άνθρακα και ορισμένα στοιχεία βαρύτερα από το σίδηρο.

Τα πιο ογκώδη αστέρια τελειώνουν τη ζωή τους σε μια θεαματική έκρηξη, ένα σουπερνόβα, και αποβάλλουν, μεταξύ άλλων, άνθρακα, οξυγόνο, νέον, μαγνήσιο και πυρίτιο.

Άλλα βαριά στοιχεία, όπως ο χρυσός και το ουράνιο, απαιτούν πολύ υψηλή πυκνότητα νετρονίων για να σχηματιστούν και αυτό γίνεται μάλλον σε συγκρούσεις άστρων νετρονίων.

Ποσοστό μάζας των χημικών στοιχείων σε διαφορετικές τοποθεσίες

	Αρ. πρωτονίων	Ηλιακό σύστημα	Φλοιός Γης	Ανθρώπινο σώμα
H	**1**	**70.5**	**0.14**	**9.5**
He	**2**	**27.5**	**-**	**-**
C	**6**	**0.30**	**0.030**	**18.5**
N	**7**	**0.11**	**0.005**	**3.2**
O	**8**	**0. 96**	**46.6**	**65**
Si	**14**	**0.065**	**27.7**	**0.00002**
S	**16**	**0.040**	**0.050**	**0.3**
Ca	**20**	**0.006**	**3.6**	**1.5**
Fe	**26**	**0.117**	**5.0**	**0.006**


BANG !
Από τη Μεγάλη Έκρηξη σ' εμάς

Από αστέρια σε ζωντανά όντα

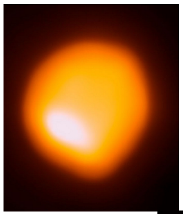
Πριν γίνουν μέρος ενός ζωντανού όντος, τα στοιχεία πρέπει να περάσουν από πολλά στάδια που εξακολουθούν να είναι ελάχιστα κατανοητά.

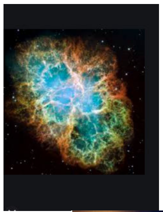
Πρώτα υπάρχει ο σχηματισμός σύννεφων μορίων και σκόνης, στα οποία γεννιούνται τα αστέρια. Ενώ εξακολουθούν να είναι πολύ μικρά, αυτά τα αστέρια περιβάλλονται από έναν πρωτοπλανητικό δίσκο, που αποτελείται από συσσωματώματα σκόνης και πάγου.

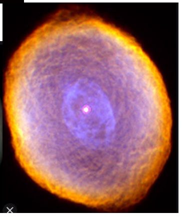
Από αυτό το υλικό δίσκου σχηματίζονται πλανήτες. Η χημική τους σύνθεση διαφέρει ανάλογα με την απόσταση από το αστέρι: Όσο μικρότερη είναι η απόσταση, τόσο ευκολότερη είναι η διάλυση των πτητικών στοιχείων. Εξαρτάται επίσης από τη μάζα των πλανητών: Όσο μικρότερη είναι η μάζα, τόσο πιο εύκολο είναι να διαφύγουν τα ελαφρύτερα σωματίδια, υδρογόνο και ήλιο, όπως έγινε στη Γη. Ωστόσο, το υδρογόνο ενώθηκε με το οξυγόνο για να φτιάξει νερό, που είναι αρκετά βαρύ ώστε η Γη να το συγκρατήσει.

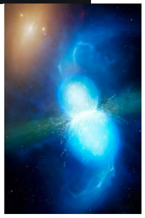
Καθώς σχηματίζεται ο πλανήτης, γίνεται διαχωρισμός των στοιχείων έτσι ώστε ο πυρήνας να έχει διαφορετική σύνθεση από τον φλοιό.

Τέλος, από τα υλικά του φλοιού σχηματίζονται τα ζωντανά όντα.









Κουίζ

Ποια είναι η προέλευση του χρυσού;

Η απάντηση στο οπισθόφυλλο

Τα άτομα είναι τα στοιχειώδη συστατικά της ύλης. Αποτελούνται από έναν πυρήνα (που περιέχει πρωτόνια και νετρόνια) και από ηλεκτρόνια. Τα άτομα συνδυάζονται σε μόρια και μοιράζονται τα ηλεκτρόνια τους. Τα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος αποτελούνται από δισεκατομμύρια μόρια.

Η ιστορία της αστρικής πυρηνοσύνθεσης

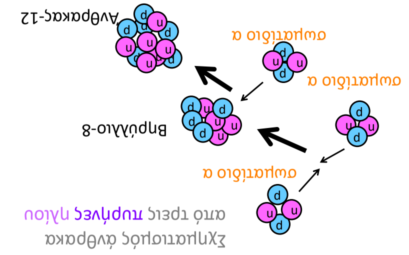
Ο Robert d'Escourt Atkinson A δημοσίευσε το άρθρο του «Ατομική σύνθεση και αστρική ενέργεια» το 1931. Ο Hans Bethe B εντόπισε το 1938 και το 1939 τους δύο μηχανισμούς που μετατρέπουν το υδρογόνο σε ήλιο στ' αστέρια. Ο Fred Hoyle έδειξε το 1946 πώς συντίθενται τα στοιχεία από υδρογόνο. Η Margaret και ο Geoffrey Burbidge, ο William Fowler και ο Fred Hoyle B²FH δημοσίευσαν το 1957 το πολύ λεπτομερές άρθρο τους «Σύνθεση των στοιχείων στ' αστέρια» και, τον ίδιο χρόνο, ο Alastair Cameron C δημοσίευσε τις «Πυρηνικές αντιδράσεις στ'αστέρια και πυρηνογένεση».

Το σώμα μας αποτελείται από νερό (63%), πρωτεΐνες (20%), λίπος (10%), σάκχαρα (2%) και διάφορα μέταλλα (5%).

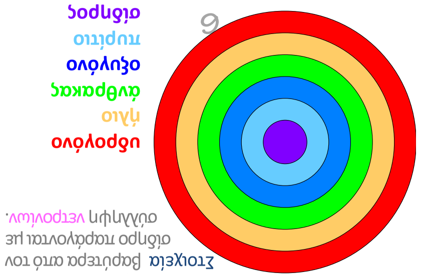
Από τότε που αναπτύχθηκε η χημεία, στα τέλη του 18ου αιώνα, γνωρίζουμε ότι όλα αυτά τα υλικά αποτελούνται από σύνθετα μόρια που περιέχουν άτομα υδρογόνου, άνθρακα, οξυγόνου και άλλων στοιχείων σε μικρότερες ποσότητες.

Αυτά τα στοιχεία είναι ακριβώς τα ίδια με αυτά που βρίσκονται στα φυτά, στον φλοιό της Γης και στην ατμόσφαιρα.

Χρησιμοποιώντας φασματοσκοπία, οι αστρονόμοι έχουν δείξει ότι αυτά τα ίδια στοιχεία βρίσκονται επίσης στα αστέρια. Έδειξαν επίσης ότι η σύσταση των ουράνιων σωμάτων είναι περίπου η ίδια παντού και κυριαρχείται από τα ελαφρότερα στοιχεία υδρογόνο και ήλιο. Μόνο στα μέσα του 20ού αιώνα οι αστρονόμοι κατάφεραν να κατανοήσουν την προέλευση αυτών των στοιχείων και να ανακαλύψουν τον πολύ στενό σύνδεσμο που μας συνδέει με τα αστέρια.



Διάγραμμα « δομής κρεμμυδιού » ενός μεγάλου αστεριού στο τέλος της εξέλιξής του. Κάθε στρώμα έχει διαφορετική σύνθεση. Στοιχεία βαρύτερα από τον σίδηρο παράγονται με σύλληψη νετρονίων.



Σύντηξη στ' αστέρια

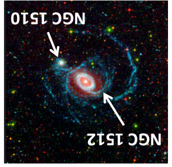
Η πολύ ζεστή και πυκνή καρδιά ενός αστεριού παρέχει ιδανικές συνθήκες για την παραγωγή όλο και μεγαλύτερων πυρήνων.

Πρώτον, τα άτομα υδρογόνου συνδυάζονται για να σχηματίσουν ήλιο. Αυτό αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη φάση της ζωής ενός αστεριού. Σχεδόν όλα τα αστέρια που βλέπουμε να λάμπουν παίρνουν την ενέργειά τους από αυτήν τη διαδικασία.

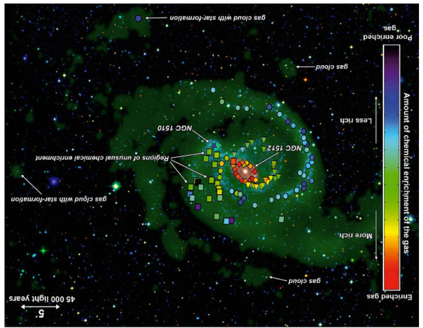
Μόλις εξαντληθεί το υδρογόνο, η καρδιά του αστεριού συμπυκνώνεται και η θερμοκρασία της αυξάνεται. Στη συνέχεια, οι πυρήνες ηλίου συντήκονται ανά τρεις για να σχηματίσουν άνθρακα, ενώ το υδρογόνο συνεχίζει να παράγει ήλιο στα εξωτερικά στρώματα του αστεριού.

Στη συνέχεια σχηματίζονται όλο και βαρύτεροι πυρήνες, με περαιτέρω προσθήκες σωματιδίων α σε διαφορετικά στρώματα. Εάν το αστέρι είναι αρκετά ογκώδες, αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου η καρδιά του αποτελείται από σίδηρο, το πιο σταθερό στοιχείο.

Πυρήνες βαρύτεροι από το σίδηρο δημιουργούνται υπό διαφορετικές συνθήκες με την προσθήκη νετρονίων.



Οι γαλαξίες NGC 1512 και NGC 1510 φαίνονται σε υπεριώδες φως. Οι φωτεινές περιοχές είναι περιοχές όπου έχουν σχηματιστεί πρόσφατα αστέρια.
Φωτογραφία από: GALEX (NASA)


5′
45 000 light years
gas cloud with star-formation
Regions of unusual chemical enrichment
NGC 1510
NGC 1512
gas cloud
gas cloud
gas cloud with star-formation
Enriched gas
More rich
Less rich
Poor enriched gas
Amount of chemical enrichment of the gas

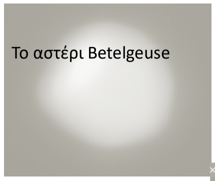
Τα σύμβολα υποδεικνύουν την αφθονία του οξυγόνου (κόκκινο όπου είναι άφθονο, μπλε όπου είναι σπάνιο).
Φωτογραφία των López-Sánchez (AAO/MQU) & Koribalski (CSIRO).

Η κοσμική οδύσσεια των στοιχείων

Μόλις απελευθερωθούν στο μεσοαστρικό αέριο, τα στοιχεία ξεκινούν ένα μακρύ ταξίδι μέσα στους γαλαξίες τους, προτού πάρουν μέρος στον σχηματισμό νέων αστεριών. Έτσι, οι διαδοχικές γενιές αστεριών γενιούνται όλο και πιο πλούσιες σε άνθρακα, άζωτο, οξυγόνο και άλλα στοιχεία.

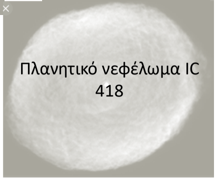
Η διαδρομή των στοιχείων μέσα στο μεσοαστρικό αέριο μπορεί να είναι πολύ περιπετειώδης με διαταραχές που συνδέονται με συγκρούσεις μεταξύ γαλαξιών. Τα στοιχεία που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια των εκρήξεων σουπερνόβα μπορούν ακόμη και να διεισδύσουν στο διαγαλαξιακό αέριο και τελικά να καταλήξουν σε άλλους γαλαξίες.

Στην πραγματικότητα, πρόσφατες αριθμητικές προσομοιώσεις δείχνουν ότι πολλά από τα στοιχεία που υπάρχουν στον Γαλαξία προήλθαν από άλλους γαλαξίες.

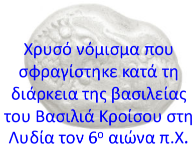


Το αστέρι Betelgeuse

Πλανήτης Δίας



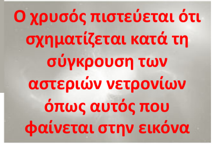
Πλανητικό νεφέλωμα IC 418



Χρυσό νόμισμα που σφραγίστηκε κατά τη διάρκεια της βασιλείας του Βασιλιά Κροίσου στη Λυδία τον 6ο αιώνα π.Χ.

Το κατάλοιπο σουπερνόβα καβουριού

Απάντηση



Ο χρυσός πιστεύεται ότι σχηματίζεται κατά τη σύγκρουση των αστεριών νετρονίων όπως αυτός που φαίνεται στην εικόνα

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου Αρ. 14

Το μικρό αυτό βιβλιαράκι συντάχτηκε το 2020 από τη Grażyna Stasińska του Αστεροσκοπείου του Παρισιού (Γαλλία) και αναθεωρήθηκε από το Νίκο Πράντζο από το Ινστιτούτο Αστροφυσικής του Παρισιού.

Εικόνα εξωφύλλου: απόσπασμα ζωγραφικής από τον Ιάπωνα καλλιτέχνη KAGAYA

Για να μάθετε περισσότερα σχετικά με τις εκδόσεις και τα θέματα που παρουσιάζονται στο βιβλιαράκι, επισκεφθείτε την ιστοσελίδα http://www.tuimp.org

Μετάφραση: Τζίνα Θεοδωροπούλου

TUIMP Creative Commons
BY NC SA