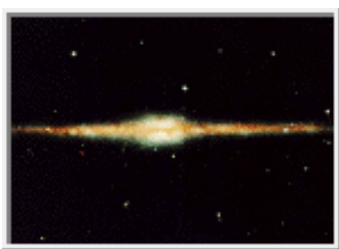


ΓΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΑΝ

Φύση του σύμπαντος

Η γη είναι μία μονάδα μέσα στο ηλιακό μας σύστημα, το οποίο αποτελείται από τον ήλιο, τους πλανήτες μαζί με τους δορυφόρους τους, τους κομήτες, τα αστεροειδή και τους μετεωρίτες. Ο ήλιος όμως είναι μόνο ένας αστέρας μέσα στο γαλαξία μας (Εικ. 1) που πιθανότατα αποτελείται από περισσότερους από 10^{11} αστέρες. Ο γαλαξίας αυτός έχει ένα φακόμορφο σχήμα με διάμετρο περίπου 70.000 ετών φωτός (1 έτος φωτός = 10^{13} χλμ.).



Εικόνα 1. Φωτογραφία του γαλαξία μας (από αρχείο της NASA)

Εκτός από το δικό μας γαλαξία υπάρχουν δισεκατομμύρια άλλα συστήματα από αστέρες (νεφελώματα). Τα νεφελώματα αυτά είναι ομοιόμορφα διασκορπισμένα στο διάστημα και, όπως έδειξε η φασματοσκοπική ανάλυση του φωτός, ταξιδεύουν μέσα στο διαγαλαξιακό διάστημα απομακρυνόμενα με ταχύτητες ανάλογες προς τις αποστάσεις τους με αποτέλεσμα ένα επεκτεινόμενο σύμπαν. Το πλησιέστερο νεφέλωμα σε μας είναι ο γαλαξίας της Ανδρομέδας σε απόσταση περίπου 2,3 εκατομμύρια έτη φωτός (Εικ. 2).



Εικόνα 2. Φωτογραφία του γαλαξία Ανδρομέδα (από αρχείο της NASA)

Το νεφέλωμα αυτό παρουσιάζει μία εικόνα ενός τεράστιου σπειροειδή δίσκου που αποτελείται από μία εξαιρετικά πυκνή ομάδα μερικών εκατομμυρίων αστέρων γύρω από ένα κεντρικό πυρήνα από παλαιότερους αστέρες. Από τα στοιχεία που έχουμε μέχρι στιγμής οι πιο απομακρυσμένοι γαλαξίες απέχουν περισσότερο από 8×10^9 έτη φωτός.

Δημιουργία του σύμπαντος

Οι περισσότεροι επιστήμονες σήμερα έχουν προσχωρήσει στην θεωρία της «Μεγάλης έκρηξης», όμως η ανασύσταση της ιστορίας του σύμπαντος είναι μία προσπάθεια που συνεχώς εμπλουτίζεται με νέα στοιχεία τα οποία αναιρούν άλλα παλαιότερα. Ίσως η προσπάθεια πλήρους γνώσης της γέννησης του σύμπαντος να μην ολοκληρωθεί ποτέ. Οι θετικές όμως γνώσεις που κατέχουμε σήμερα, μας παρέχουν μία βεβαιότητα η οποία στηρίζεται σε αναμφισβήτητες αποδείξεις: Το σύμπαν έχει μία ιστορία, μία «πορεία μέσα στο χρόνο», δεν ήταν πάντα όπως είναι τώρα, έχει μία στιγμή «γέννησης» και δημιουργίας. Στο αρχικό στάδιο της δημιουργίας πιθανότατα το σύμπαν κατείχε ένα συγκριτικά περιορισμένο χώρο, όπου η εσωτερική πίεση και θερμοκρασία θα έπρεπε να ήταν εξαιρετικά υψηλές. Η ύλη που ήταν από φωτόνια υψηλής ενέργειας θεωρείται ότι βρισκόταν σε πυκνότερη κατάσταση και χημικά στοιχεία σαν τα σημερινά θα έπρεπε να μην υπήρχαν. Η θεωρία της μεγάλης έκρηξης αρχίζει από τη δημιουργία της «πύρινης σφαίρας». Η θερμοκρασία που δημιουργήθηκε από την έκρηξη ήταν ασύλληπτη. Από τα φωτόνια δημιουργήθηκαν οι πρώτες εστίες ενέργειας που δημιούργησαν με τη σειρά τους τις πρώτες μορφές ύλης με τα αντίστοιχα σωματίδια.

Σωματίδια και αντισωματίδια αλληλοεξουδετερώνονταν με την έκλυση ενέργειας που τα δημιούργησε και η οποία σχημάτισε άλλα καθώς η θερμοκρασία έπεφτε ραγδαία. Έτσι γεννήθηκε η πρώτη βαριονική ύλη και η αντιύλη οι οποίες αλληλοεξουδετερώνονταν, αλλά έμεινε ένα «υπόλοιπο» ύλης στην οποία χρωστάμε την ύπαρξη του σύμπαντος. Όταν η θερμοκρασία έπεσε κάτω από τα 10.000 δισεκατομμύρια βαθμούς δημιουργήθηκαν τα πιο ελαφρά σωματίδια, τα λεπτόνια, τα οποία αργότερα ενώθηκαν με τα πρωτόνια για να σχηματίσουν τα πρώτα ελαφρά ουδέτερα άτομα. Με αυτόν τον τρόπο άρχισε η διαμόρφωση του σύμπαντος. Η αρχή της εξάπλωσης και ο σχηματισμός των στοιχείων θεωρούνται λειτουργίες αλληλοσυνδεόμενες μιά και η εξάπλωση της ύλης καθώς και η ψύξη που ακολουθούσε δημιούργησαν συνθήκες κατάλληλες για το σχηματισμό των στοιχείων. Συγχρόνως με την εξάπλωση δημιουργήθηκαν πυρήνες συγκέντρωσης του υλικού και έτσι δημιουργήθηκαν οι γαλαξίες και οι αστέρες.

Ηλικία του σύμπαντος

Η θεωρία ενός δυναμικού και συνεχώς επεκτεινόμενου σύμπαντος συνεπάγεται ότι αυτό βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη. Για τον υπολογισμό της ηλικίας

του θεωρήθηκε σαν δεδομένο ότι το αρχικό σημείο χρόνου αντιστοιχεί στη στιγμή που όλη η μάζα του σύμπαντος ήταν συγκεντρωμένη σε ορισμένο χώρο. Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι μέτρησης και υπολογισμού της ηλικίας του. Οι αστρονομικές εκτιμήσεις που προτάθηκαν δίνουν μία ηλικία 14-18 δισεκατομμύρια χρόνια.

Κοσμική ύλη – Κοσμική συχνότητα των στοιχείων και ισοτόπων τους

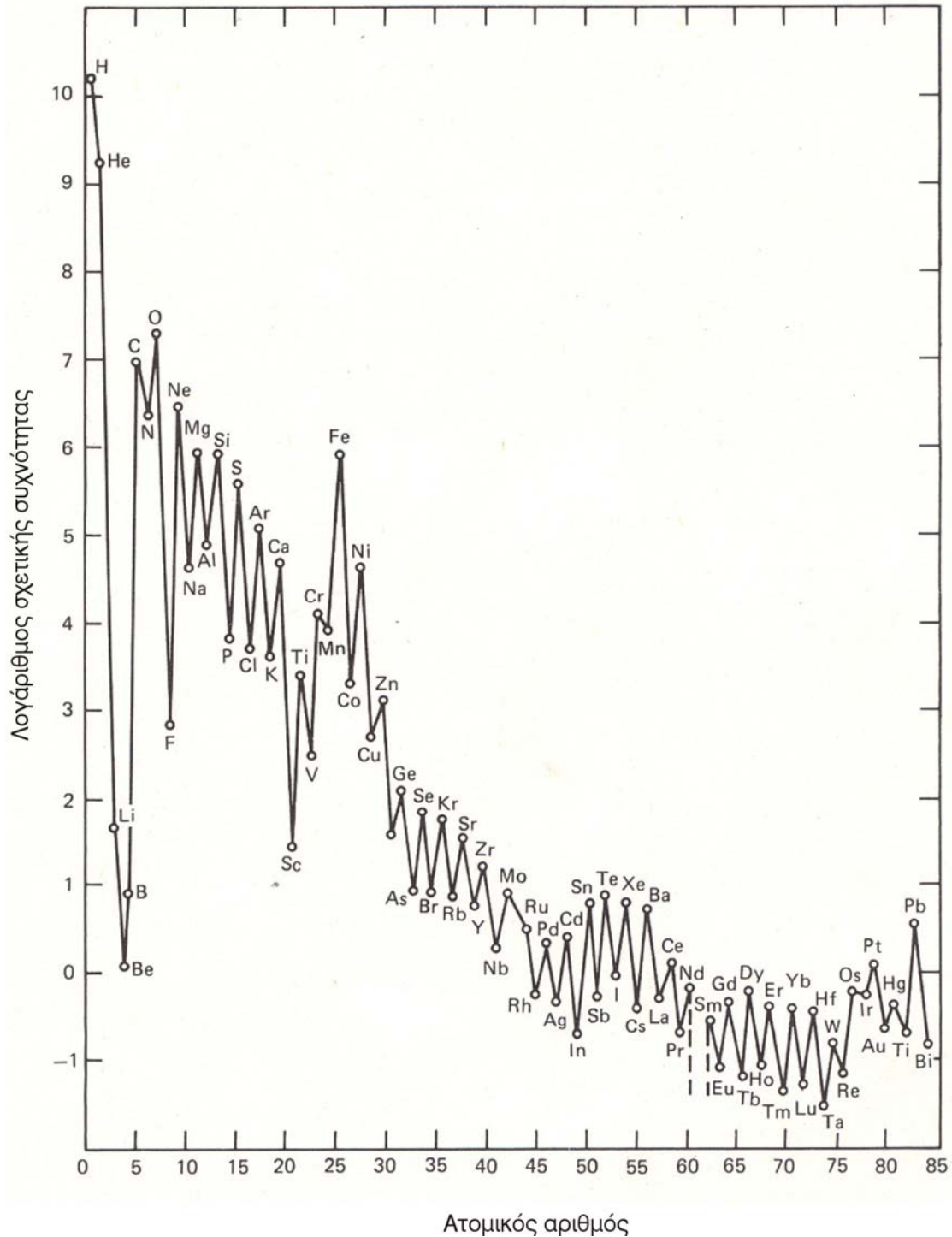
Οι γνώσεις μας για τη χημική σύσταση της κοσμικής ύλης περιορίζονται στα δεδομένα που έχουμε μέχρι τώρα για τα άστρα του γαλαξία μας και για τα άστρα και νεφελώματα που είναι κοντά σε αυτόν. Μέχρι τώρα δεν βρέθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του γαλαξία μας και του υπόλοιπου υλικού του διαστήματος που εμπίπτει στα όρια των παρατηρήσεών μας. Οποσδήποτε υπάρχουν ορισμένες ασάφειες σχετικά με την ερμηνεία των φασματικών γραμμών των κοσμικών αντικειμένων. Ορισμένα στοιχεία για τη χημική σύσταση της κοσμικής ύλης προκύπτουν από την ανάλυση της κοσμικής ακτινοβολίας.

Η σχετική συχνότητα εμφάνισης πυρήνων των ατόμων στην κοσμική ακτινοβολία διαφέρει από εκείνη που προκύπτει από τη φασματοσκοπική ανάλυση των άστρων. Αυτές οι διαφορές έχουν σχέση τόσο με ενεργειακά φαινόμενα της κοσμικής ακτινοβολίας όσο και με δευτερογενείς αντιδράσεις που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα της γης.

Τα δεδομένα και συμπεράσματα για τη σχετική συχνότητα των ισοτόπων βασίζονται στις αναλύσεις γήινου και μετεωριτικού υλικού. Οι σχέσεις ισοτόπων σε διαστημικά δείγματα που υπολογίστηκαν είναι H/D , He^3/He^4 , Li^6/Li^7 , C^{12}/C^{13} και O^{16}/O^{18} .

Η λογαριθμική προβολή των ατομικών συχνοτήτων των στοιχείων που προκύπτουν από την ανάλυση του φάσματος των άστρων και των νεφελωμάτων, δίνει μία καμπύλη (Σχήμα 1) που παρουσιάζει σημαντική πτώση από το $H(10^{12})$ μέχρι το $In(<10)$ και μετά αυξάνει πάλι με μέγιστο στον $Sn(10^2)$. Οποσδήποτε όμως η μεγάλη ποικιλία που προκύπτει από τις παρατηρήσεις καθώς και οι πολύ περιορισμένες γνώσεις μας σχετικά με τα βαρύτερα στοιχεία δεν μας επιτρέπουν να ολοκληρώσουμε ένα μοντέλο κατανομής αυτών των στοιχείων. Η επεξεργασία παρατηρήσεων των κοσμικών συχνοτήτων των στοιχείων και ισοτόπων τους προσκρούει στο γεγονός ότι οι αναλύσεις μετεωριτικού (κυρίως χονδριτικού) και γήινου υλικού, που θα βοηθούσαν σε μια τέτοια μελέτη, δεν είναι τελείως αξιόπιστες

διότι τα αντίστοιχα δείγματα πιθανόν να υπέστησαν εκλεκτικά χημικές μεταβολές κατά το σχηματισμό των πλανητών. Έτσι κατά καιρούς χρησιμοποιήθηκαν μόνο δεδομένα από την πυρηνική φυσική.



Σχήμα 1. Προβολή των σχετικών συχνοτήτων των στοιχείων (σε άτομα ανά 10^6 Si) ως προς τους ατομικούς τους αριθμούς (από Mason and Moore, 1982).

Γενικά φαίνεται να υπάρχει ομοιομορφία μεταξύ των σχετικών συχνοτήτων που προσδιορίστηκαν στον ήλιο και σε άλλες περιοχές του σύμπαντος. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι κοσμικές συχνότητες των στοιχείων σε άτομα ανά σταθερή συγκέντρωση 10^6 ατόμων πυριτίου. Από τον πίνακα 1 και το σχήμα 1 προκύπτει ότι οι σχετικές συχνότητες των διαφόρων στοιχείων, κυρίως των πιο ελαφρών, ποικίλλουν αισθητά. Ένα στοιχείο μπορεί να είναι εκατό μέχρι χίλιες φορές περισσότερο ή λιγότερο συχνό σε σχέση με το άμεσα γειτονικό του στον περιοδικό πίνακα. Παρόλα αυτά, εάν τα δεδομένα αναλυθούν και μελετηθούν προσεκτικά θα βρούμε αρκετές ομοιότητες που συνοψίζονται παρακάτω:

- Για στοιχεία χαμηλού ατομικού αριθμού (μέχρι περίπου τον ατομικό αριθμό 40) παρατηρείται μία απότομη εκθετική ελάττωση της συχνότητας αυτών, ενώ τα βαρύτερα στοιχεία που ακολουθούν παρουσιάζουν μία σχεδόν σταθερή τιμή συχνότητας.
- Στοιχεία άρτιου ατομικού αριθμού είναι αφθονότερα από εκείνα με περιττό ατομικό αριθμό.
- Οι σχετικές συχνότητες στοιχείων με υψηλότερο ατομικό αριθμό από του νικελίου παρουσιάζουν μικρότερη ποικιλία από τις συχνότητες των στοιχείων με χαμηλότερο ατομικό αριθμό.
- Μόνο 10 στοιχεία –H, He, C, N, O, Ne, Mg, Si και Fe– όλα με ατομικούς αριθμούς μικρότερους από 27, δείχνουν αξιοσημείωτες συχνότητες εμφάνισης. Από αυτά το H και το He, όπως φαίνεται και στο σχήμα, ξεφεύγουν σημαντικά από τα υπόλοιπα οκτώ όσον αφορά τη συχνότητά τους.
- Στον ατομικό αριθμό 26 παρατηρείται ένα αξιοσημείωτο μέγιστο συχνότητας ενώ αρκετά μέγιστα με μικρότερες τιμές παρατηρούνται σε άλλα βαρύτερα στοιχεία.

Οι θεωρίες για την προέλευση των στοιχείων βασίζονται σε δεδομένα σχετικά με τις συχνότητες των στοιχείων και των ατομικών πυρήνων στα διάφορα αστέρια. Η δομή των ατομικών πυρήνων σαν αθροίσματα πρωτονίων και νετρονίων βοήθησαν σημαντικά σε αυτή τη μελέτη. Παρατηρήσεις που έγιναν σε γειτονικά τμήματα του γαλαξία μας βοήθησαν στο να διατυπωθούν κάποιες θεωρίες σχετικά με τις φυσικές και χημικές διεργασίες που συμβαίνουν στις αστρικές ατμόσφαιρες.

Τα *ισότοπα* ενός στοιχείου έχουν όμοιους αριθμούς πρωτονίων και ο πυρήνας τους έχει το ίδιο φορτίο, οι αριθμοί όμως των νετρονίων και συνεπώς οι μαζικοί τους

αριθμοί διαφέρουν. Είκοσι δύο στοιχεία έχουν μόνο ένα σταθερό ισότοπο. Αυτά είναι τα Be, F, Na, Al, P, Sc, V, Mn, Co, As, Y, Nb, Rh, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Tm, Ta, Au και Bi. *Ισοβαρή* στοιχεία είναι διαφορετικά στοιχεία τα οποία έχουν όμοιους μαζικούς αριθμούς αλλά διαφορετικές τιμές πρωτονίων και νετρονίων, και *ισότοπα* είναι διαφορετικά στοιχεία τα οποία έχουν ίδιο αριθμό νετρονίων αλλά διαφορετικές τιμές μαζικού αριθμού και αριθμού πρωτονίων.

Πίνακας 1. Κοσμικές συχνότητες των στοιχείων σε άτομα ανά 10^6 άτομα Si

Στοιχείο	Συχνότητα	Στοιχείο	Συχνότητα
1H	$2,66 \times 10^{10}$	44Ru	1,9
2He	$1,8 \times 10^9$	45Rh	0,40
3Li	60	46Pb	1,3
4Be	1,2	47Ag	0,46
5B	9	48Cd	1,55
6C	$1,11 \times 10^7$	49In	0,19
7N	$2,31 \times 10^6$	50Sn	3,7
8O	$1,84 \times 10^7$	51Sb	0,31
9F	780	52Te	6,5
10Ne	$2,6 \times 10^6$	53I	1,27
11Na	$6,0 \times 10^4$	54Xe	5,84
12Mg	$1,06 \times 10^6$	55Cs	0,39
13Al	$8,5 \times 10^4$	56Ba	4,8
14Si	$1,00 \times 10^6$	57La	0,37
15P	6500	58Ce	1,2
16S	$5,0 \times 10^5$	59Pr	0,18
17Cl	4740	60Nd	0,79
18Ar	$1,06 \times 10^5$	62Sm	0,24
19K	3500	63Eu	0,094
20Ca	$6,25 \times 10^4$	64Gd	0,42
21Sc	31	65Tb	0,076
22Ti	2400	66Dy	0,37
23V	254	67Ho	0,092
24Cr	$1,27 \times 10^4$	68Er	0,23

25Mn	9300	69Tm	0,035
26Fe	$9,0 \times 10^5$	70Yb	0,20
27Co	2200	71Lu	0,035
28Ni	$4,78 \times 10^4$	72Hf	0,17
29Cu	540	73Ta	0,020
30Zn	1260	74W	0,30
31Ca	38	75Re	0,051
32Ge	117	76Os	0,69
33As	6,2	77Ir	0,72
34Se	67	78Pt	1,41
35Br	9,2	79Au	0,21
36Kr	41,3	80Hg	0,21
37Rb	6,1	81Tl	0,19
38Sr	22,9	82Pb	2,6
39Y	4,8	83Bi	0,14
40Zr	12	90Th	0,045
41Nb	0,9	92U	0,027
42Mo	4,0		