

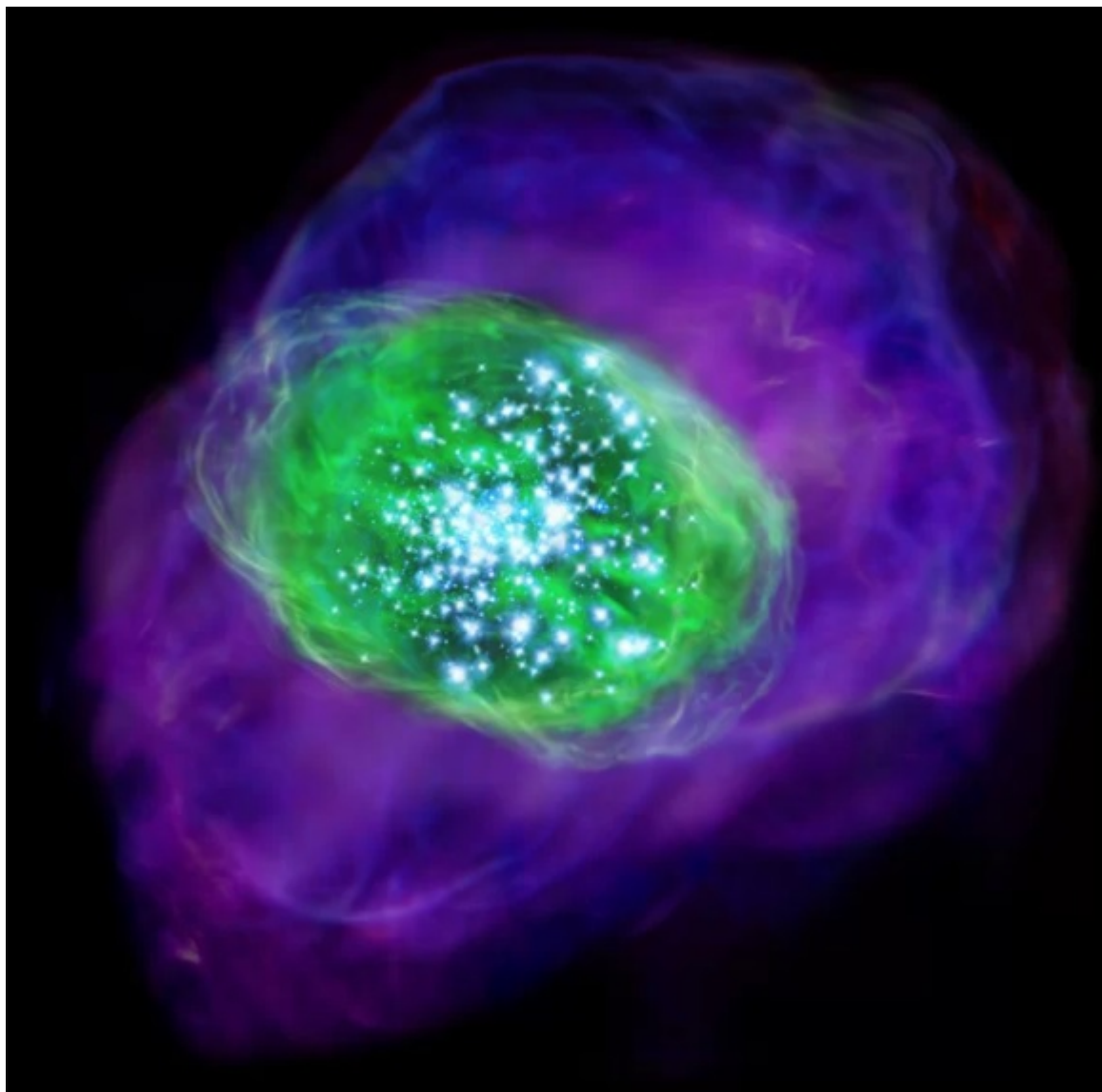
# Πρώιμο Σύμπαν: Ανιχνεύοντας τη συγκλονιστική προΐστορία μας (Steven Weinberg, φυσικός, νομπελίστας)

/ [Πεμπτούσια](#)



[Προηγούμενη δημοσίευση: <http://www.pemptousia.gr/?p=180094>]

Η συγκεκριμένη θεώρηση του πρώιμου σύμπαντος έχει μια συνέπεια η οποία μπορεί να ελεγχθεί αμέσως: η εναπομείνασα ύλη από τα πρώτα τρία λεπτά, από την οποία σχηματίστηκαν αρχικά οι αστέρες, είχε σύσταση 22-28% ήλιο, και το υπόλοιπο ποσοστό απαρτιζόταν σχεδόν εξολοκλήρου από υδρογόνο. Όπως έχουμε δει, το συγκεκριμένο αποτέλεσμα εξαρτάται από την υπόθεσή μας για την ύπαρξη μιας τεράστιας αναλογίας φωτονίων προς τα πυρηνικά σωματίδια, η οποία με τη σειρά της βασίζεται στη θερμοκρασία των 3 K της σημερινής κοσμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου.



Ο πρώτος υπολογισμός της κοσμικής παραγωγής ηλίου, σύμφωνα με τη μετρηθείσα θερμοκρασία ακτινοβολίας, έγινε από τον Πιμπλς στο Πρίνστον το 1965, λίγο μετά την ανακάλυψη της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου από τους Πενζίας και Γουίλσον. Οι Ρόμπερτ Βάγκονερ [Robert Wagoner], Γουίλιαμ Φάουλερ [William Fowler] και Φρεντ Χόιλ κατέληξαν σε παρόμοιο αποτέλεσμα, ανεξάρτητα και σχεδόν ταυτόχρονα με τους Πενζίας και Γουίλσον, βάσει ενός ακόμα πιο λεπτομερούς υπολογισμού. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα χαρακτηρίστηκε ως πρωτοφανή επιτυχία για το καθιερωμένο πρότυπο· συνηγορούσε με τα ευρήματα ανεξάρτητων μετρήσεων εκείνης της εποχής που έδειχναν ότι ο Ήλιος και οι υπόλοιποι αστέρες ξεκινούν τη ζωή τους κυρίως με υδρογόνο, και με περίπου 20-30% ήλιο!

Στη Γη, φυσικά, υπάρχει εξαιρετικά μικρή ποσότητα ηλίου, επειδή τα άτομα ηλίου είναι τόσο ελαφρά και χημικά αδρανή, που τα περισσότερα διέφυγαν από τη Γη αιώνες πριν. Η εκτίμηση της αρχέγονης αφθονίας ηλίου στο σύμπαν βασίζεται στη

σύγκριση λεπτομερών υπολογισμών της αστρικής εξέλιξης με στατιστικές αναλύσεις των αστρικών ιδιοτήτων, σε συνδυασμό με την απευθείας παρατήρηση των γραμμών του Ήλιου στο φάσμα των θερμών αστερών και της μεσοαστρικής ύλης. Πράγματι, όπως καταδεικνύει και το όνομά του, το ήλιο αναγνωρίστηκε αρχικά ως στοιχείο, βάσει μελετών του φάσματος της ηλιακής ατμόσφαιρας που πραγματοποιήθηκαν το 1868 από τον Τζόζεφ Νόρμαν Λόκυερ [Joseph Norman Lockyer].

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 μερικοί αστρονόμοι παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα ηλίου εμφανίζεται σε μεγάλες ποσότητες στο γαλαξία μας και ότι μάλιστα δεν διαφέρει κατά περιοχές στον βαθμό που διαφέρει η περιεκτικότητα βαρύτερων στοιχείων. Η συγκεκριμένη παρατήρηση συνάδει με την εκτίμηση ότι τα βαρύτερα στοιχεία παράχθηκαν σε αστέρες, όμως το ήλιο δημιουργήθηκε στο πρώιμο σύμπαν πριν από τη δημιουργία των αστερών. Υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα και απόκλιση στην εκτίμηση της αφθονίας πυρήνων, αλλά η πεποίθηση για μια αρχέγονη αφθονία ηλίου της τάξης του 20-30% είναι αρκετά ισχυρή ώστε να ενθαρρύνει τους υποστηρικτές του καθιερωμένου προτύπου.

Σε συνδυασμό με την τεράστια ποσότητα ηλίου που δημιουργήθηκε στο τέλος των πρώτων τριών λεπτών, υπήρχαν και κάποιοι ελαφρύτεροι πυρήνες, κυρίως δευτέριο (δηλαδή υδρογόνο με ένα επιπλέον νετρόνιο) και το ελαφρύ ισότοπο ήλιο-3 ( $^3\text{He}$ ), οι οποίοι διέφυγαν από την ενσωμάτωσή τους σε κοινούς πυρήνες ηλίου. (Οι ποσότητες αυτές υπολογίστηκαν αρχικά σε ένα άρθρο που έγραψαν το 1967 οι Βάγκονερ, Φάουλερ και Χόιλ.) Η αφθονία δευτερίου, σε αντίθεση με την αφθονία ηλίου, καθορίζεται αρκετά από την πυκνότητα των πυρηνικών σωματιδίων κατά τη διάρκεια της πυρηνοσύνθεσης: για μεγαλύτερες πυκνότητες, οι πυρηνικές διεργασίες έγιναν ταχύτερα, έτσι ώστε σχεδόν όλο το δευτέριο να μαγειρευτεί σε ήλιο. Για να είμαστε ακριβείς, παραθέτουμε τις τιμές της αφθονίας δευτερίου (κατά βάρος) που δημιουργήθηκε στο πρώιμο σύμπαν, όπως δόθηκαν από τον Βάγκονερ, για τρεις πιθανές τιμές του λόγου των φωτονίων προς τα πυρηνικά σωματίδια:

Φωτόνια/πυρηνικά σωματίδια	Αφθονία δευτερίου (μέρη ανά εκατομμύριο)
100 εκατομμύρια	0,00008
1.000 εκατομμύρια	16
10.000 εκατομμύρια	600

Προφανώς, αν μπορούσαμε να καθορίσουμε την αρχέγονη αφθονία δευτερίου που υπήρχε πριν ξεκινήσει το αστρικό μαγείρεμα, θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε επακριβώς το λόγο των φωτονίων προς τα πυρηνικά σωματίδια. Γνωρίζοντας την τωρινή θερμοκρασία ακτινοβολίας των 3 K, θα μπορούσαμε να καθορίσουμε μία ακριβή τιμή για την τωρινή πυκνότητα πυρηνικής μάζας του σύμπαντος και να κρίνουμε κατά πόσο το σύμπαν θεωρείται κλειστό ή ανοιχτό.

Δυστυχώς, είναι πολύ δύσκολο να προσδιορίσουμε την αρχέγονη αφθονία δευτερίου. Η κλασική τιμή για την αφθονία δευτερίου κατά βάρος στο νερό της Γης είναι 150 προς ένα εκατομμύριο. (Η συγκεκριμένη ποσότητα δευτερίου θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στους θερμοπυρηνικούς αντιδραστήρες, αν ποτέ οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις καταστούν επαρκώς ελεγχόμενες.)

**[Συνεχίζεται]**