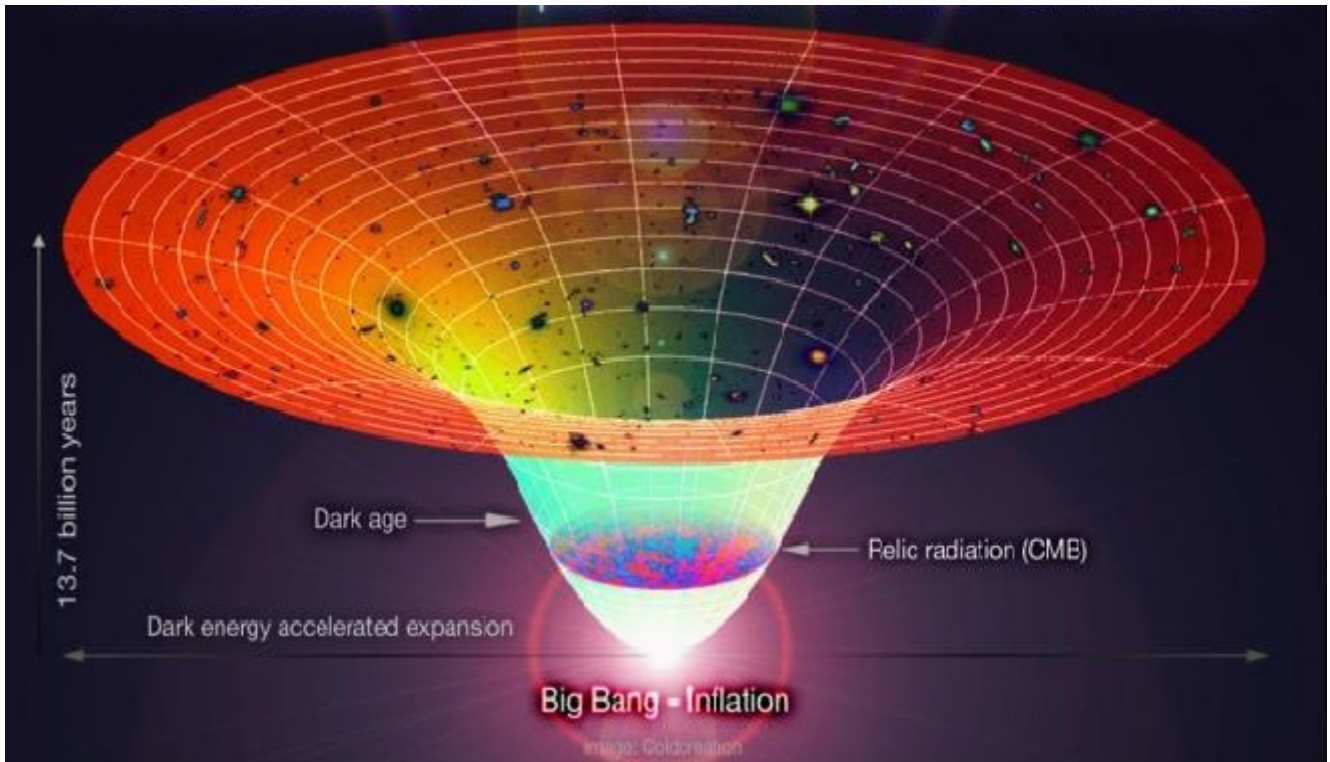


22 Δεκεμβρίου 2017

# Διαστολή του Σύμπαντος και δημιουργία πυρήνων

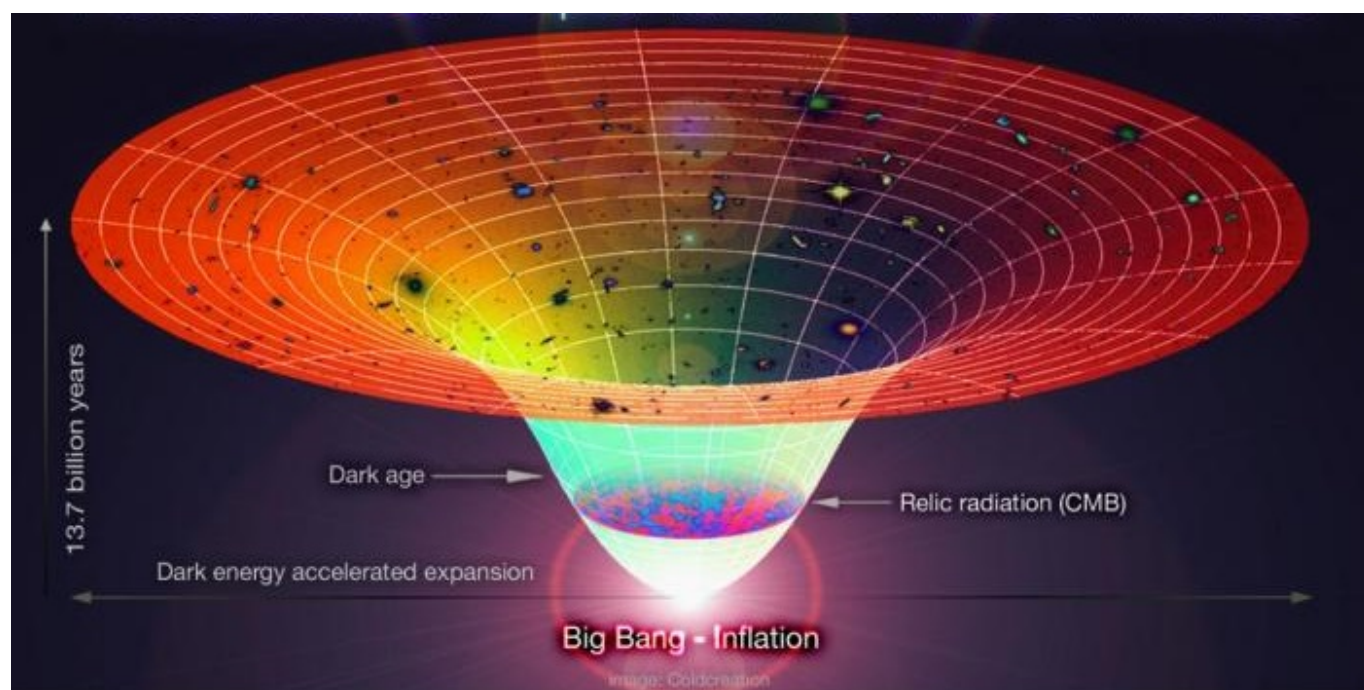
Επιστήμες / Φυσική - Χημεία

Steven Weinberg, φυσικός, νομπελίστας



[Προηγούμενη δημοσίευση: <https://www.pemptousia.gr/?p=179201>]

Ο νόμος των Στέφαν-Μπόλτσμαν (ο οποίος αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3) δίνει την πυκνότητα ενέργειας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε θερμοκρασία  $10^{11}$  K να είναι ίση με  $4,72 \times 10^{44}$  ηλεκτρονιοβόλτ ανά λίτρο, οπότε η συνολική πυκνότητα ενέργειας του σύμπαντος σε αυτήν τη θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά 9/2 ή  $21 \times 10^{44}$  ηλεκτρονιοβόλτ ανά λίτρο. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ισοδυναμεί με πυκνότητα μάζας ίση με 3,8 δισεκατομμύρια κιλά ανά λίτρο ή 3,8 δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη πυκνότητα από την πυκνότητα του νερού υπό κανονικές γήινες συνθήκες. (Όταν αναφέρω πως μία συγκεκριμένη ενέργεια ισοδυναμεί με μία συγκεκριμένη μάζα, εννοώ προφανώς πως αυτή είναι η ενέργεια που θα απελευθερωνόταν σύμφωνα με τη σχέση του Αϊνστάιν,  $E = mc^2$ , αν η μάζα μετατρεπόταν εξολοκλήρου σε ενέργεια.) Αν το Έβερεστ ήταν φτιαγμένο από τόσο πυκνή ύλη, η βαρυτική έλξη του θα κατέστρεφε τη Γη.



Στο πρώτο καρέ, το σύμπαν διαστέλλεται γρήγορα και ψύχεται. Ο ρυθμός διαστολής του καθορίζεται από τη συνθήκη ότι κάθε τμήμα του σύμπαντος ταξιδεύει με ταχύτητα ακριβώς ίση με την ταχύτητα διαφυγής από οποιοδήποτε αυθαίρετο κέντρο. Σύμφωνα με την τεράστια πυκνότητα που επικρατεί στο πρώτο καρέ, η ταχύτητα διαφυγής είναι αντίστοιχα υψηλή – ο χαρακτηριστικός χρόνος διαστολής του σύμπαντος είναι περίπου 0,02 δευτερόλεπτα. Ο χαρακτηριστικός χρόνος διαστολής μπορεί να οριστεί προσεγγιστικά ως ο χρόνος που χρειάζεται το σύμπαν για να μεγαλώσει κατά 1%. Για να είμαστε πιο ακριβείς, ο χαρακτηριστικός χρόνος διαστολής σε κάθε εποχή είναι το αντίστροφο της σταθεράς του Χαμπλ, σε αυτή την εποχή. Όπως σημειώσαμε στο Κεφάλαιο 2, η ηλικία του σύμπαντος είναι πάντοτε μικρότερη από τον χαρακτηριστικό χρόνο

διαστολής, επειδή η βαρύτητα επιβραδύνει συνεχώς τη διαστολή.)

Υπάρχει ένας μικρός αριθμός πυρηνικών σωματιδίων κατά τη διάρκεια του πρώτου καρέ, περίπου ένα πρωτόνιο ή ένα νετρόνιο για κάθε 1 δισεκατομμύριο φωτόνια, ή ηλεκτρόνια, ή νετρόνια. Τελικά, για να είμαστε σε θέση να προβλέψουμε την αφθονία των χημικών στοιχείων που σχηματίστηκαν στο πρώιμο σύμπαν, θα χρειαστεί επίσης να γνωρίζουμε τη σχετική αναλογία πρωτονίων-νετρονίων. Το νετρόνιο είναι βαρύτερο από το πρωτόνιο, με διαφορά μάζας που αντιστοιχεί σε ενέργεια ίση με 1,293 εκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ. Ωστόσο, η χαρακτηριστική ενέργεια των ηλεκτρονίων, ποζιτρονίων κ.ο.κ., σε θερμοκρασία  $10^{11}$  K, είναι πολύ μεγαλύτερη, περίπου 10 εκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ (η σταθερά του Μπόλτσμαν επί τη θερμοκρασία). Επομένως, οι συγκρούσεις νετρονίων ή πρωτονίων με τα υπεράριθμα ηλεκτρόνια, ποζιτρόνια κ.ο.κ. θα έχουν ως αποτέλεσμα τις γρήγορες μεταπτώσεις πρωτονίων σε νετρόνια, και αντιστρόφως. Οι πιο σημαντικές αντιδράσεις είναι:

Αντινετρίνο με πρωτόνιο δίνει ποζιτρόνιο και νετρόνιο (και αντιστρόφως)

Νετρίνο με νετρόνιο δίνει ηλεκτρόνιο και πρωτόνιο (και αντιστρόφως)

Βάσει της υπόθεσης ότι ο καθαρός λεπτονικός αριθμός και το φορτίο ανά φωτόνιο είναι πολύ μικρά, υπάρχουν σχεδόν τόσα νετρίνα όσα αντινετρίνα, και τόσα ποζιτρόνια όσα ηλεκτρόνια, ώστε οι μεταπτώσεις πρωτονίων σε νετρόνια να είναι τόσο γρήγορες όσο και οι μεταπτώσεις νετρονίων σε πρωτόνια. (Η ραδιενεργός διάσπαση του νετρονίου μπορεί να αγνοηθεί εδώ, επειδή χρειάζεται περίπου 15 λεπτά, ενώ εμείς πραγματευόμαστε μία χρονική κλίμακα της τάξης των εκατοστών του δευτερολέπτου.) Επομένως, η θερμική ισορροπία απαιτεί ότι ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων πρέπει να είναι ακριβώς ίσος κατά το πρώτο καρέ. Τα συγκεκριμένα πυρηνικά σωματίδια δεν συγκρατούνται ακόμη σε πυρήνες· η ενέργεια που απαιτείται για να διασπαστεί ένας τυπικός πυρήνας είναι μόνο έξι με οκτώ εκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ ανά πυρηνικό σωματίδιο. Αυτή η ενέργεια είναι μικρότερη από τη χαρακτηριστική θερμική ενέργεια των  $10^{11}$  K, επομένως οι σύνθετοι πυρήνες καταστρέφονται τόσο γρήγορα όσο δημιουργούνται.

Είναι φυσικό να αναρωτηθούμε πόσο μεγάλο ήταν το σύμπαν στα πολύ αρχικά στάδια της δημιουργίας του. Δυστυχώς, δεν γνωρίζουμε το μέγεθός του και δεν είμαστε καν σίγουροι αν η συγκεκριμένη ερώτηση έχει οποιοδήποτε νόημα. Όπως σημειώθηκε στο Κεφάλαιο 2, το σύμπαν μπορεί κάλλιστα να είναι άπειρο τώρα, και, βάσει αυτής της υπόθεσης, ήταν επίσης άπειρο κατά τη διάρκεια του πρώτου καρέ, όπως και θα είναι άπειρο εις το διηνεκές. Από την άλλη, είναι πιθανό το

σύμπαν να έχει σήμερα πεπερασμένη περιφέρεια, η οποία ενίοτε εκτιμάται ότι είναι 125 δισεκατομμύρια έτη φωτός. (Η περιφέρεια είναι η απόσταση που πρέπει να ταξιδέψει κάποιος σε ευθεία γραμμή για να επιστρέψει στο σημείο από όπου ξεκίνησε. Αυτή η εκτίμηση βασίζεται στη σημερινή τιμή της σταθεράς του Χαμπλ, υπό την προϋπόθεση πως η πυκνότητα του σύμπαντος είναι περίπου διπλάσια από την κρίσιμη τιμή της.)

**[Συνεχίζεται]**

**<http://bit.ly/2BilxKH>**