

# Ένα φιλμ για τις πρώτες στιγμές της ζωής του Σύμπαντος (Steven Weinberg, φυσικός, νομπελίστας)

/ [Πεμπτούσια](#)



Τα πρώτα τρία λεπτά

Είμαστε πλέον έτοιμοι να ακολουθήσουμε καρέ-καρέ την πορεία της κοσμικής εξέλιξης κατά τη διάρκεια των πρώτων τριών λεπτών της. Τα γεγονότα συντελούνται πολύ πιο γρήγορα στην αρχή από ό,τι στη συνέχεια, επομένως δεν θα βοηθούσε καθόλου η παρουσίαση των καρέ σε σειρά ίσων χρονικών διαστημάτων, όπως σε μια συνηθισμένη ταινία. Για αυτό λοιπόν θα προσαρμόσω την ταχύτητα της δικής μας ταινίας ώστε να ακολουθεί τον ρυθμό μείωσης της θερμοκρασίας του σύμπαντος, σταματώντας την κάμερα για να περιγράψω την εικόνα κάθε φορά που η θερμοκρασία μειώνεται κατά έναν παράγοντα τρία.

Δυστυχώς, η ταινία δεν μπορεί να αρχίσει σε μηδενικό χρόνο και σε άπειρη θερμοκρασία. Πάνω από ένα όριο θερμοκρασίας ενάμισι τρισεκατομμυρίου Κέλβιν ( $1,5 \times 10^{12}$  K), το σύμπαν θα έπρεπε να περιέχει μεγάλο αριθμό από σωματίδια γνωστά ως π-μεσόνια, που ζυγίζουν σχεδόν το 1/7 της μάζας των πυρηνικών σωματιδίων. Σε αντίθεση με τα ηλεκτρόνια, τα ποζιτρόνια, τα μίονια και τα νετρίνα, τα π-μεσόνια αλληλεπιδρούν πολύ ισχυρά το ένα με το άλλο αλλά και με τα πυρηνικά σωματίδια - η συνεχής ανταλλαγή π-μεσόνιων μεταξύ των πυρηνικών σωματιδίων είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο ποσοστό της ελκτικής δύναμης που συγκρατεί σταθερούς τους ατομικούς πυρήνες.



Η παρουσία μεγάλου αριθμού σωματιδίων που αλληλεπιδρούν τόσο ισχυρά μεταξύ τους καθιστά ασυνήθιστα δύσκολη τη μαθηματική απεικόνιση της συμπεριφοράς της ύλης σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες. Για αυτό ακριβώς, θα ορίσω ως αρχή της ταινίας το σημείο που αντιστοιχεί σε ένα εκατοστό του δευτερολέπτου μετά τη δημιουργία του σύμπαντος, όταν η θερμοκρασία είχε πέσει σε 100 δισεκατομμύρια Κέλβιν - αισθητά κάτω από το όριο θερμοκρασίας των π-μεσονίων, μιονίων και όλων των βαρύτερων σωματιδίων. Στο Κεφάλαιο 7, θα έχουμε την ευκαιρία να δούμε τι πιστεύουν οι θεωρητικοί φυσικοί ότι συνέβη στις πολύ αρχικές στιγμές δημιουργίας του σύμπαντος.

Έχοντας κατανοήσει τα παραπάνω, ας παρακολουθήσουμε τώρα την ταινία μας.

**ΠΡΩΤΟ ΚΑΡΕ.** Η θερμοκρασία του σύμπαντος είναι ίση με 100 δισεκατομμύρια Κέλβιν ( $10^{11}$  K). Η σύσταση του σύμπαντος έχει την απλούστερη δυνατή μορφή τη δεδομένη χρονική στιγμή, συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη χρονική στιγμή στο μέλλον, και είναι εύκολο να την περιγράψουμε: το σύμπαν αποτελείται από μια ομοιογενή «σούπα» ύλης και ακτινοβολίας, με κάθε σωματίδιο να συγκρούεται

πολύ γρήγορα με οποιοδήποτε άλλο σωματίδιο. Επομένως, παρά την ταχύτατη διαστολή του, το σύμπαν βρίσκεται σε μια κατάσταση σχεδόν τέλειας θερμικής ισορροπίας, για αυτό και τα συστατικά του καθορίζονται από τους κανόνες της στατιστικής μηχανικής και δεν εξαρτώνται καθόλου από ό,τι προηγήθηκε. Συνεπώς, δεν χρειάζεται να γνωρίζουμε τι συνέβη πριν από το πρώτο καρέ· μόνο ότι η θερμοκρασία είναι  $10^{11}$  K και ότι οι διατηρούμενες ποσότητες -φορτίο, βαρυονικός αριθμός και λεπτονικός αριθμός- είναι όλες πολύ μικρές ή μηδενικές.

Τα σωματίδια που υπάρχουν σε αφθονία είναι εκείνα με όριο θερμοκρασίας κάτω από 1011 K, δηλαδή το ηλεκτρόνιο και το αντισωματίδιο του ηλεκτρονίου, το ποζιτρόνιο, και φυσικά τα άμαζα σωματίδια, τα φωτόνια, τα νετρίνα και τα αντινετρίνα. Το σύμπαν είναι τόσο πυκνό που ακόμα και τα νετρίνα, τα οποία μπορούν να ταξιδεύουν για χρόνια διαπερνώντας εμπόδια από μόλυβδο χωρίς να σκεδάζονται, διατηρούνταν σε θερμική ισορροπία με τα ηλεκτρόνια, τα ποζιτρόνια και τα φωτόνια, συμμετέχοντας σε γρήγορες συγκρούσεις κάθε πιθανού συνδυασμού - ακόμα και με τον εαυτό τους. (Και πάλι, θα αναφέρομαι στα νετρίνα εννοώντας και τα νετρίνα και τα αντινετρίνα.)

Μία ακόμα σημαντική απλοποίηση αποτελεί ότι η θερμοκρασία των  $10^{11}$  K είναι αρκετά πιο πάνω από το όριο θερμοκρασίας των ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων. Η θερμοκρασία των  $10^{11}$  K είναι αρκετά πιο πάνω από το όριο θερμοκρασίας των ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων - άλλη μία σημαντική απλοποίηση. Συνεπάγεται επομένως ότι τα συγκεκριμένα σωματίδια, καθώς επίσης τα φωτόνια και τα νετρίνα, συμπεριφέρονται όπως τόσα άλλα διαφορετικά είδη ακτινοβολίας. Ποια είναι όμως η πυκνότητα ενέργειας των διαφορετικών αυτών ειδών ακτινοβολίας; Τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια συνεισφέρουν από κοινού τα  $7/4$  της ενέργειας που συνεισφέρουν συνολικά τα φωτόνια, ενώ τα νετρίνα και τα αντινετρίνα συνεισφέρουν το ίδιο ποσό με τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια, επομένως η συνολική πυκνότητα ενέργειας είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα ενέργειας της καθαρής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ίδια θερμοκρασία, κατά έναν παράγοντα:  $7/4 + 7/4 + 1 = 9/2$

**[Συνεχίζεται]**

*Απόσπασμα από το έργο του S. Weinberg, «Τα Τρία Πρώτα Λεπτά, Μια σύγχρονη άποψη της προέλευσης του σύμπαντος», μετάφρ. Γ. Καρακώστας, εκδ. Ροπή, Θεσσαλονίκη 2017.*