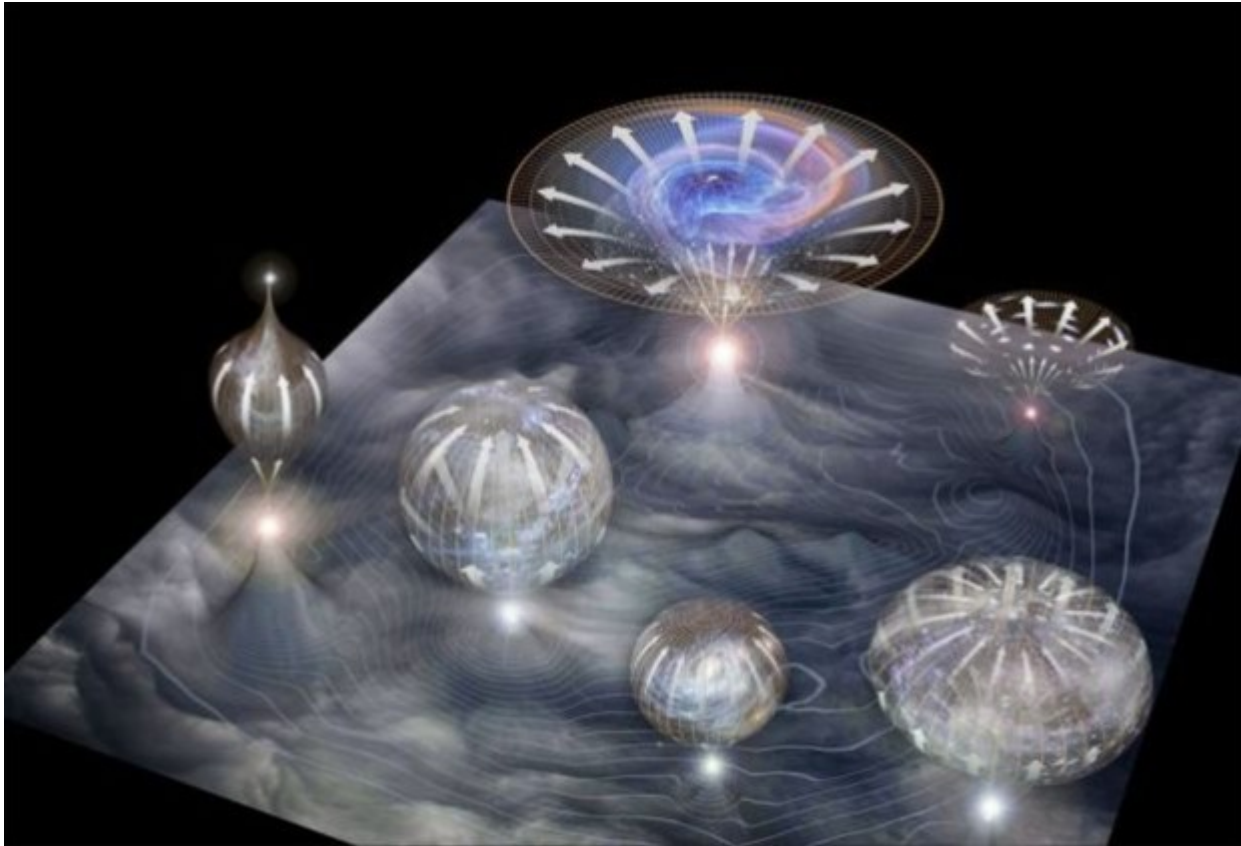


## Πληθωρισμός στο Σύμπαν

/ [Επιστήμες, Τέχνες & Πολιτισμός](#)



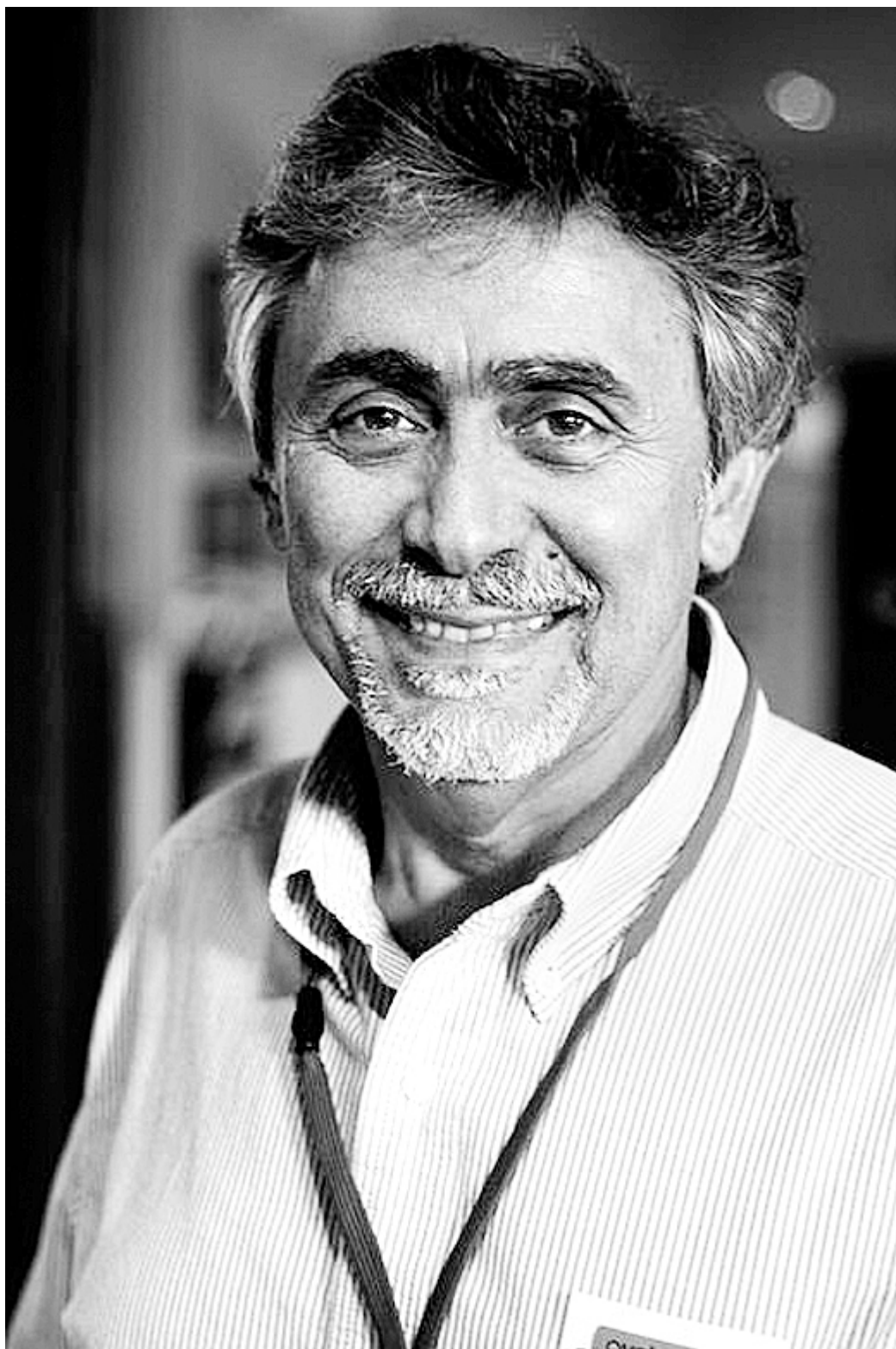
*Η θεωρία του κοσμολογικού πληθωρισμού επιτρέπει την ύπαρξη πολλών «Συμπάντων»*

Η πληθωριστική κοσμολογία ήρθε πριν από 35 χρόνια να αλλάξει θεαματικά την κατανόησή μας για την εξέλιξη και τη δομή του Σύμπαντος. Ο ακαδημαϊκός Δημοσθένης Καζάνας κάνει τον απολογισμό

Οι ιδέες των επιστημόνων για τη δημιουργία και τη δομή του Σύμπαντος έχουν αλλάξει πολλές φορές διά μέσου των αιώνων. Η σημερινή θεωρία, που έχει τεκμηριωθεί με παρατηρήσεις, είναι πως το Σύμπαν διαστέλλεται και πως το τμήμα του που μπορούμε να παρατηρήσουμε έχει ηλικία περίπου 14 δισεκατομμύρια έτη και άρα έχει σήμερα ακτίνα «μόνο» 14 δισεκατομμύρια έτη φωτός. Επειδή η διαστολή του Σύμπαντος είναι, όπως λέμε στη Φυσική, αδιαβατική, η θερμοκρασία του μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Έτσι στο παρελθόν το παρατηρήσιμο Σύμπαν ήταν όχι μόνο μικρότερο, αλλά και πολύ θερμότερο. Όλα τα παραπάνω οδηγούν στη θεωρία της Μεγάλης Εκρηξης, σύμφωνα με την οποία το Σύμπαν δημιουργήθηκε πριν από 14 δισεκατομμύρια χρόνια και έκτοτε διαστέλλεται και ψύχεται συνεχώς. Λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας του Σύμπαντος λίγο μετά τη Μεγάλη Εκρηξη, αυτό περιείχε τότε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολύ μεγάλης ενέργειας. Με τη συνεχή διαστολή

και ψύξη του Σύμπαντος, η θερμοκρασία αυτής της ακτινοβολίας θα έπρεπε να είναι σήμερα μόλις λίγοι βαθμοί πάνω από το απόλυτο μηδέν. Η παραπάνω θεωρητική πρόβλεψη για την ύπαρξη αυτής της ακτινοβολίας, που ονομάζουμε *μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου*, επιβεβαιώθηκε από τις παρατηρήσεις των **Πέντσιας** και *Γουίλσον*, οι οποίοι για την ανακάλυψή τους αυτή πήραν το βραβείο Νομπέλ Φυσικής του 1965.

### **Παράδοξη ισορροπία**



*Demosthenes Kazanas*

**Ο Δημοσθένης Καζάνας είναι αστροφυσικός στο Κέντρο Διαστημικών Πτήσεων Γκόνταρντ της NASA, αντεπιστέλλον μέλος της Ακαδημίας Αθηνών και ομιλητής με θέμα «Αλλαγές φάσεων στο νεαρό Σύμπαν» στο Συμπόσιο των 7 σοφών κοσμολόγων που ολοκληρώνει σήμερα τις εργασίες του στην Αθήνα**

Η θεωρία της Μεγάλης Εκρηξης, που λίγο-πολύ γνωρίζουμε όλοι, έχει ένα σημαντικό πρόβλημα. Η μικροκυματική θεωρία υποβάθρου είναι με πολύ μεγάλη προσέγγιση ισότροπη, δηλαδή η έντασή της είναι πρακτικά η ίδια προς όποια κατεύθυνση του ουρανού και αν παρατηρήσουμε. Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας όμως προβλέπει ότι η ακτινοβολία αυτή δεν θα έπρεπε να είναι ισότροπη, και ο λόγος είναι ο εξής. Η ηλικία του Σύμπαντος σε κάθε στιγμή της εξέλιξής του, πολλαπλασιασμένη επί την ταχύτητα του φωτός, μας δίνει μια «χαρακτηριστική» απόσταση, που ονομάζεται *κοσμικός ορίζοντας*. Αυτός είναι η μεγαλύτερη απόσταση από την οποία ένας παρατηρητής, που συμμετέχει στη διαστολή του Σύμπαντος, θα μπορούσε να λάβει ηλεκτρομαγνητικά σήματα και σήμερα ισούται με 14 δισεκατομμύρια έτη φωτός. Δύο διαμετρικά αντίθετες περιοχές του Σύμπαντος, η καθεμιά σε απόσταση 10 δισεκατομμυρίων φωτός από εμάς σήμερα, βρίσκονται μέσα στον κοσμικό ορίζοντά μας και απέχουν μεταξύ τους 20 δισεκατομμύρια έτη φωτός. Ομως κάθε μηχανισμός που θα μπορούσε να εξισώσει τις όποιες διαφορές θερμοκρασίας στο Σύμπαν έπαψε να ενεργεί όταν αυτό είχε ηλικία 300.000 έτη, εποχή που ο κοσμικός ορίζοντας ήταν 300.000 έτη φωτός. Επειδή από τον νόμο διαστολής του Σύμπαντος γνωρίζουμε ότι εκείνη την εποχή οι περιοχές αυτές απείχαν μεταξύ τους 20 εκατομμύρια έτη φωτός, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τότε οι περιοχές αυτές βρίσκονταν η καθεμιά έξω από τον κοσμικό ορίζοντα της άλλης. Επομένως δεν υπήρχε τρόπος να «επικοινωνήσουν» μεταξύ τους, έτσι ώστε η θερμοκρασία της καθεμιάς να εξισωθεί με τη θερμοκρασία της άλλης. Η κατάσταση γίνεται ακόμη χειρότερη αν πάμε ακόμη πιο πίσω στον χρόνο, ένα απειροελάχιστο κλάσμα του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Εκρηξη. Υπολογίζεται ότι τότε το Σύμπαν αποτελούνταν από  $10^{90}$  (δηλαδή η μονάδα ακολουθούμενη από 90 μηδενικά!) περιοχές που δεν επικοινωνούσαν μεταξύ τους! Πώς λοιπόν «κατάφερε» το Σύμπαν να αποκτήσει αυτόν τον υψηλό βαθμό ισορροπίας;

### **Σωτήριο κενό**

Η λύση στο πρόβλημα αυτό εμφανίστηκε πριν από 35 χρόνια και είναι η *ενέργεια του κενού*! Το κενό είναι χώρος στον οποίο δεν υπάρχουν σωματίδια ή φωτόνια, αλλά αυτό δεν συνεπάγεται *αυτόματα* ότι ο χώρος αυτός δεν έχει καθόλου ενέργεια. Είναι δυνατόν, πέρα από την ύλη και την ακτινοβολία, να υπάρχει στο Σύμπαν κάποιο άλλο ενεργειακό πεδίο, σαν το πεδίο Higgs που ανακαλύφθηκε πρόσφατα στο CERN. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ενός τέτοιου πεδίου είναι το

γεγονός ότι όλοι οι παρατηρητές, ανεξάρτητα από την ταχύτητά τους, μετρούν την ίδια πυκνότητα ενέργειας (δηλ. ενέργεια ανά κυβικό εκατοστό), σε αντίθεση με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, στο οποίο ένας κινούμενος παρατηρητής βλέπει μια πυκνότητα ενέργειας που εξαρτάται από την ταχύτητά του. Η «παράδοξη» αυτή ιδιότητα του προτεινόμενου πεδίου συνεπάγεται ότι αυτό χαρακτηρίζεται από *αρνητική πίεση!* Ενώ δηλαδή σε μια φουσαλίδα αέρα τα μόρια εξασκούν μια πίεση προς τα έξω, ένας σφαιρικός όγκος κενού με μη μηδενική πυκνότητα ενέργειας εξασκεί μια πίεση προς τα μέσα, ίση αριθμητικά με την πυκνότητα ενέργειας του πεδίου. Η αλληλεξουδετέρωση της θετικής πυκνότητας ενέργειας ύλης και ακτινοβολίας από την αρνητική πυκνότητα ενέργειας του κενού υποδηλώνει ότι, παρά τη διαστολή του Σύμπαντος, αυτό είναι δυνατόν να διατηρεί σταθερή πυκνότητα ενέργειας! Είναι ένα φαινόμενο ανάλογο με την αλλαγή φάσης στο νερό, από τη στερεά στην υγρή. Η θερμοκρασία του πάγου παραμένει σταθερή, ίση με 0 βαθμούς Κελσίου ώσπου να λιώσει όλος ο πάγος, παρά το γεγονός ότι εξακολουθούμε να παρέχουμε θερμότητα στο μείγμα. Αν συνδυάσουμε αυτή τη σταθερότητα με τις εξισώσεις της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας του Αϊνστάιν, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το Σύμπαν διαστέλλεται εκθετικά, ακολουθώντας τον νόμο  $R = k \cdot 10t$ . Αυτό σημαίνει ότι αν διαλέξουμε ένα κατάλληλο χρονικό διάστημα, τότε στο τέλος αυτού του διαστήματος η απόσταση  $R$  μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων του Σύμπαντος διπλασιάζεται. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *κοσμολογικός πληθωρισμός*.

Το 1980 διατύπωσα την άποψη ότι ο κοσμολογικός πληθωρισμός θα μπορούσε να «παρακάμψει» το πρόβλημα του κοσμικού ορίζοντα. Πράγματι, αν υποθέσουμε ότι σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα το ορατό Σύμπαν έχει διασταλεί κατά  $10^{30}$  φορές, που ισοδυναμεί με 100 διαδοχικούς διπλασιασμούς της διαμέτρου του, τότε όλα τα σημεία που περιλαμβάνονται *σήμερα* μέσα στον σημερινό κοσμικό ορίζοντα περιλαμβάνονταν στον εκάστοτε κοσμικό ορίζοντα κάθε στιγμή και στο παρελθόν, και έτσι ήταν αιτιοκρατικά συνδεδεμένα μεταξύ τους, σε απόλυτη συμφωνία με τη Θεωρία της Σχετικότητας. Οι θεωρίες που στηρίζονται στον κοσμολογικό πληθωρισμό υποθέτουν ότι, μετά το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί σε 100 διπλασιασμούς, το κενό καταρρέει και η πυκνότητα ενέργειάς του μετατρέπεται στα σωματίδια που γνωρίζουμε σήμερα (π.χ. πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια) σύμφωνα με τη γνωστή σχέση  $E = m \cdot c^2$ .

### **Τα επόμενα βήματα**

Τα τελευταία 35 χρόνια υπήρξαν πολύ παραγωγικά στην κατανόηση των προβλημάτων που συνδέονται με την εξέλιξη του νεαρού Σύμπαντος, καθώς και στην επίλυση μερικών από αυτά. Ο κοσμολογικός πληθωρισμός είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία αυτής της προόδου, επειδή κατάφερε να εξοβελίσει την ασυμφωνία μεταξύ του νόμου διαστολής του Σύμπαντος και της αρχής της

αιτιότητας της Σχετικότητας. Η πρόσφατη ανακάλυψη ότι το Σύμπαν σήμερα διαστέλλεται με *επιταχυνόμενο* ρυθμό, σε αντίθεση με τη μέχρι πρότινος αντίληψη ότι θα έπρεπε να διαστέλλεται με *επιβραδυνόμενο* ρυθμό, λόγω τη βαρυτικής έλξης μεταξύ των γαλαξιών, υποδηλώνει ότι παρά αυτή την πρόοδο, ορισμένες από τις αρχές που διέπουν την καθολική δομή και εξέλιξη του Σύμπαντος μας διαφεύγουν. Στα επόμενα 35 χρόνια, λοιπόν, αναμένουμε να προκύψουν ακόμη πιο ενδιαφέρουσες εξελίξεις στην Κοσμολογία.

Καζάνας Δημοσθένης

**Πηγή:** [tovima.gr](http://tovima.gr)