

ΟΙ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ

του Κ. Ν. Γουργουλιάτου (M.Sc. Αστροφυσικής)

Οι έννοιες του χρόνου και του χώρου είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση του Σύμπαντος. Σε καθημερινά ζητήματα φαίνονται εντελώς προφανείς, για παράδειγμα αν μας ενδιαφέρει η απόσταση ανάμεσα σε δύο αντικείμενα, αρκεί να εντοπίσουμε τις θέσεις τους ταυτόχρονα και στην συνέχεια να μετρήσουμε την απόστασή τους σε αυτό το στιγμιότυπο. Το πρόβλημα όμως αυτό δεν είναι τόσο ξεκάθαρο όταν οι αποστάσεις ξεπερνούν τα όρια της εποπτείας μας. Δεν είναι περίεργο λοιπόν που σε ζητήματα κοσμολογικών αποστάσεων υπάρχει σύγχυση. Για αυτό το λόγο θα περιγράψουμε σύντομα ορισμένα μεγέθη που χρησιμοποιούνται προκειμένου να ποσοτικοποιήσουν την έννοια του «πόσο μακριά» σε φαινόμενα που άπτονται της κοσμολογίας.

Σύμφωνα με την κοσμολογική αρχή μπορεί να οριστεί ένας παγκόσμιος χρόνος στο Σύμπαν. Δεδομένου ότι οι όλοι οι παρατηρητές βλέπουν τα ίδια γεγονότα στο σύμπαν μπορούν με βάση αυτά να συγχρονίσουν τα ρολόγια στον παγκόσμιο χρόνο. Κατά αυτό τον τρόπο μπορούμε να αναφερόμαστε στην έννοια του ταυτόχρονου, θεμελιώδους σημασίας για την μέτρηση των αποστάσεων. Ο λόγος που θα ορίσουμε περισσότερα του ενός είδη απόστασης οφείλεται στο ότι για τα ποικίλα φαινόμενα της κοσμολογίας χρειάζονται διαφορετικά μεγέθη για να τα περιγράψουν με ευκολία.

1. **Συνήθης απόσταση (Proper Distance).** Η απόσταση δύο γεγονότων σε ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς στο οποίο συμβαίνουν ταυτόχρονα. Σε μικρές αποστάσεις αυτή συμπίπτει με την συνήθη έννοια της απόστασης που γνωρίζουμε από την εμπειρία μας.
2. **Ορίζοντας (Horizon).** Πρόκειται για την συνήθη απόσταση του πιο μακρινού αντικειμένου που μπορεί να παρατηρηθεί. Δύο παρατηρητές που διαχωρίζονται από απόσταση μεγαλύτερη από αυτήν δεν είναι δυνατόν να βρίσκονται σε αιτιακή επαφή, δηλαδή δεν μπορούν με κανένα τρόπο να αλληλεπιδράσουν.
3. **Απόσταση γωνιάδους διαμέτρου (Angular Diameter Distance).** Αν θεωρήσουμε ένα αντικείμενο διαμέτρου D σε συνήθη απόσταση r από έναν παρατηρητή θα φαίνεται να έχει γωνιώδη διάμετρο $\delta\theta$. Η απόσταση $d=D/\delta\theta$ είναι η γενική απόσταση γωνιάδους διαμέτρου.
4. **Απόσταση Λαμπρότητας (Luminosity Distance).** Ορίζεται ως η απόσταση για την οποία ισχύει το ακόλουθο: $d_L=(L/4\pi F)^{1/2}$ όπου L η απόλυτη Λαμπρότητα του αντικειμένου και F η παρατηρούμενη ροή της φωτεινής ακτινοβολίας (δηλαδή ενέργεια ακτινοβολίας ανα μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου).

Οι τέσσερις αυτοί ορισμοί δεν ταυτίζονται μεταξύ τους και εκφράζουν διαφορετικά είδη απόστασης του αντικειμένου. Η πρακτική τους εφαρμογή βρίσκεται στα διάφορα κοσμολογικά προβλήματα.

Έτσι, ο ορίζοντας, με την παραδοχή του επιπέδου σύμπαντος, έχει τιμή $2ct_0$, δηλαδή διπλάσιος από ότι θα φανταζόταν κάποιος, αν απλοϊκά σκεπτόμενος πολλαπλασίαζε την ηλικία του σύμπαντος t_0 με την ταχύτητα του φωτός. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το σύμπαν έχει διασταλεί κατά το χρόνο που μεσολάβησε από την εκπομπή της ακτινοβολίας από το απομακρυσμένο αντικείμενο μέχρι να φτάσει σε εμάς, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο αντικείμενο να βρίσκεται 2 φορές πιο μακριά από ct_0 .

Η απόσταση γωνιώδους διαμέτρου είναι αναγκαίο να οριστεί, διότι το αντικείμενο την στιγμή που εξέπεμψε την ακτινοβολία βρισκόταν σε μια εποχή κατά την οποία ο παράγοντας κλίμακας (μέγεθος που μετρά την διαστολή του σύμπαντος και αλλάζει με την πάροδο του χρόνου), ήταν μικρότερος από ότι σήμερα. Κατά συνέπεια πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν αυτή η διόρθωση όταν μελετάμε τις διαστάσεις πολύ μακρινών μη σημειακών πηγών, όπως οι γαλαξίες.

Η απόσταση φωτεινότητας είναι αναγκαίο να οριστεί διότι το φως κατά την μεταγωγή του από τον πηγή μέχρι τον παρατηρητή υφίσταται ερυθρή μετατόπιση. Έτσι ένα φωτόνιο αρχικού μήκους κύματος λ θα έχει μήκος κύματος λ' ($\lambda' > \lambda$) το οποίο σημαίνει ότι θα το βλέπουμε να μεταφέρει διαφορετική ποσότητα ενέργειας, συγκεκριμένα λιγότερη, δεμένου ότι $E = hc/\lambda$, οπότε $E' < E$. Αυτό θα έχει συνέπεια η ροή που παρατηρούμε να είναι λιγότερη από αυτή που θα αντιστοιχούσε στην Λαμπρότητα του αντικειμένου. Για αυτό το λόγο πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν αυτή η διαφορά και να διορθωθεί.

Βιβλιογραφία:

- ❑ An Introduction to Modern Cosmology, A. Liddle
- ❑ Cosmological Physics, Cambridge Astrophysics Series, J. A. Peacock
- ❑ Lecture Notes on Physical Cosmology, M. Petini, Institute of Astronomy, University of Cambridge