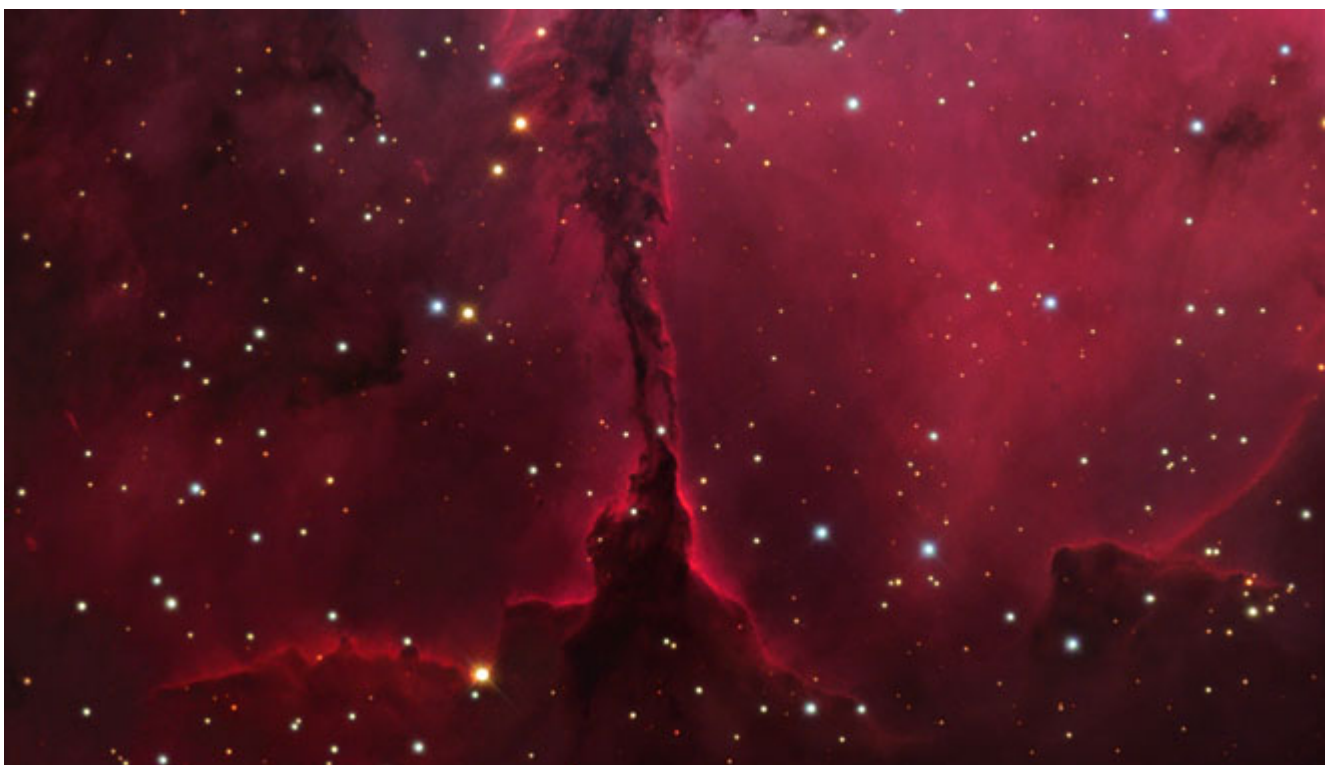


19 Φεβρουαρίου 2017

Κοσμολογική σταθερά: Γιατί την εισήγαγε ο Αϊνστάιν;

Επιστήμες / Φυσική - Χημεία

Στράτος Θεοδοσίου, Καθηγητής Ιστορίας & Φιλοσοφίας της Αστρονομίας Πανεπιστημίου Αθηνών



Γιατί αναφέρθηκε ο Αϊνστάιν στην κοσμολογική σταθερά ως το

μεγαλύτερο λάθος της ζωής του; Και γιατί επέμενε σε ένα στατικό Σύμπαν;

Ο Αϊνστάιν εισάγοντας τις τρεις υποθέσεις του για το κοσμολογικό του πρότυπο, με μεγάλη του απογοήτευση ανακάλυψε ότι οι Εξισώσεις της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας δεν είχαν λύσεις. Δηλαδή υποστήριζε ότι το Σύμπαν είναι στατικό και ακόμη ότι η στατικότητα αυτή δεν μπορεί να προκύψει ως λύση των εξισώσεων πεδίου:

$$G_{\mu\nu} = k T_{\mu\nu},$$

όπου ο παράγοντας $G_{\mu\nu}$, καλείται τανυστής Einstein και δίνεται από τη σχέση:

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - 0,5 g_{\mu\nu} R,$$

όπου $R_{\mu\nu}$ είναι ο τανυστής Ricci, $R =$ η βαθμωτή καμπυλότητα (scalar curvature) και $G_{\mu\nu}$ ο μετρικός τανυστής (metric tensor) με 16 συνιστώσες $G_{\mu\nu}(x, y, z, t)$ από τις οποίες ορίζεται η απόσταση:

$$dS = G_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu.$$

Επομένως για να βρει μια λύση, αναγκάστηκε να εισαγάγει στις εξισώσεις του έναν ακόμη όρο –έναν αυθαίρετο παράγοντα– διάφορο του μηδενός, που τον ονόμασε «κοσμολογική σταθερά», λ και έτσι οι εξισώσεις πεδίου πήραν τη μορφή:

$$G_{\mu\nu} + \lambda g_{\mu\nu} = k T_{\mu\nu}.$$

Με Νευτώνειους όρους, η βαρύτητα είναι μια ελκτική δύναμη. Η Γη έλκει τα πάντα, ενώ και έξω από αυτήν, στο πλανητικό σύστημα, οι κομήτες, για παράδειγμα, έλκονται από τον Ήλιο. Το ερώτημα, λοιπόν, που ανακύπτει είναι: *Γιατί η βαρύτητα δεν είχε ήδη προκαλέσει την κατάρρευση αυτής καθεαυτής της ύλης του Σύμπαντος, αφού κάθε ουράνιο σώμα έλκει όλα τα άλλα;*

Η βαρύτητα, λοιπόν, φαινόταν ασυμβίβαστη με το στατικό, αιώνιο και αμετάβλητο Σύμπαν του Αϊνστάιν. Σημειωτέον ότι και ο Νεύτων θεωρούσε πως κάποτε, σε έναν πεπερασμένο χρόνο, η βαρύτητα θα έπρεπε να προκαλέσει την κατάρρευση του Σύμπαντος. Ως πιστός χριστιανός, όμως, πίστευε ότι το Σύμπαν δεν είχε καταρρεύσει επειδή ο Θεός διατηρούσε τις κατάλληλες αποστάσεις ανάμεσα στα ουράνια σώματα, μεταβάλλοντας από καιρού εις καιρό τις μεταξύ τους αποστάσεις.

Ο Αϊνστάιν δεν θέλησε να επικαλεστεί τον Θεό στα κοσμολογικά προβλήματα, οπότε υπέθεσε ότι εκτός από τη βαρυτική δύναμη υπήρχε και μια άλλη –απωστική– δύναμη, η οποία εξισορροπούσε τα πράγματα. Συνεπώς, η κοσμολογική σταθερά θα μπορούσε να ερμηνευτεί σαν μια απωστική δύναμη άγνωστης προέλευσης, που

ισορροπούσε την έλξη της βαρύτητας σε όλη την ύλη του κλειστού Σύμπαντος του Αϊνστάιν και εμπόδιζε αυτή την ύλη να κινείται!

Φυσικά, δεν υπήρχαν ενδείξεις για την ύπαρξη της απωστικής-απωθητικής αυτής δύναμης, αλλά ο Αϊνστάιν συμπέρανε ότι αναγκαστικά έπρεπε να υπάρχει ώστε να ισχύει το στατικό Σύμπαν.

Εντούτοις, η εισαγωγή του όρου αυτού σε μια πιο γενική θεώρηση, σήμαινε ότι το Σύμπαν -εν απουσία μάζας και ενέργειας- δεν θα είχε δομή χωροχρόνου και θα ήταν επίπεδο δηλαδή δεν θα μπορούσε να ικανοποιεί ακριβώς τις απαιτήσεις της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας.

Ο Αϊνστάιν -δυστυχώς γι' αυτόν- όταν έμαθε, το 1929, για την ανακάλυψη, από τον Αμερικανό αστροφυσικό Edwin Hubble (1889-1953), της διαστολής του Σύμπαντος, αντιλήφθηκε ότι θα μπορούσε να την είχε προβλέψει, αν είχε μεγαλύτερη πίστη στην αρχική μορφή των εξισώσεών του. Μετάνιωσε, λοιπόν, για την εισαγωγή της κοσμολογικής σταθεράς και τη χαρακτήρισε ως το μεγαλύτερο σφάλμα της επιστημονικής ζωής του.

Εξάλλου, οι σύγχρονες θεωρητικές εξελίξεις της σωματιδιακής Φυσικής υποδεικνύουν ότι στο αρχικό Σύμπαν η κοσμολογική σταθερά θα μπορούσε να μην έχει μηδενική τιμή και ότι η τιμή αυτή θα μπορούσε να είναι στενά συνδεδεμένη με αυτήν ακριβώς τη φύση της κατάστασης κενού. Ωστόσο, ο Αϊνστάιν επέμενε στο στατικό του Σύμπαν -δηλαδή ότι οι μεγάλης κλίμακας ιδιότητες του δεν αλλάζουν με τον χρόνο- παρά το ότι ο Βέλγος αστροφυσικός abbé G.E. Lemaître (1894-1966) είχε αποδείξει, ήδη από το 1927, ότι η στατική λύση που είχε προτείνει ο Αϊνστάιν δεν ήταν ευσταθής και πως η πιο μικρή διαταραχή οδηγούσε σε διαστελλόμενα ή παλλόμενα συμπαντικά μοντέλα. Δηλαδή, παρά την αυθαίρετη εισαγωγή τού επιπλέον παράγοντα η στατική λύση δεν επετεύχθη. Λόγω των όσων αναφέραμε παραπάνω, οι μετά τον Αϊνστάιν κοσμολόγοι χρησιμοποιούσαν τις εξισώσεις πεδίου δεχόμενοι ότι $\lambda = 0$. Τα κοσμολογικά αυτά πρότυπα, όπως του Λεμαίτρ (Lemaître) και του Ρώσου φυσικού Φρήντμαν (Friedmann) εξελίσσονται με τον χρόνο.

[συνεχίζεται]

<http://bit.ly/2kArpM3>