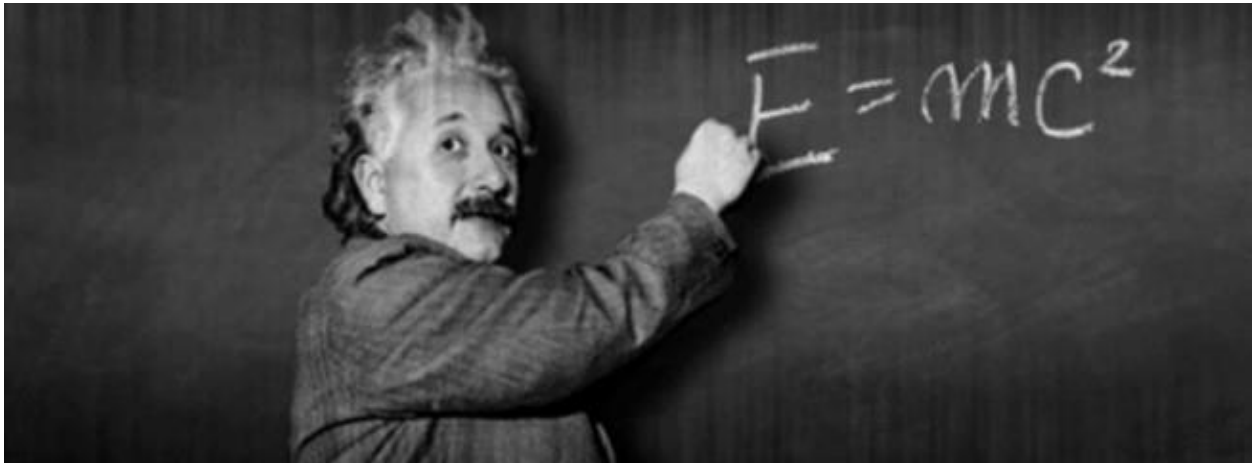


ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΑΤΙ ΤΑΧΥΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟ ΦΩΣ;

Στην πραγματικότητα τίποτα δεν είναι ταχύτερο από το φως. Δηλαδή κανένα υλικό σωματίδιο (πόσο μάλλον υλικό σώμα) δεν μπορεί να κινηθεί με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή του φωτός.

Αυτό ήταν αποτέλεσμα της Ειδικής Θεωρίας Σχετικότητας (ΕΘΣ)¹ καθώς, σύμφωνα μ' αυτή, κάθε υλικό αντικείμενο (με μάζα), όταν επιταχύνεται, η σχετικιστική του μάζα αυξάνεται. Αυξανόμενης λοιπόν της ταχύτητάς του αυξάνεται και η μάζα του υλικού σώματος. Όταν η ταχύτητα του υλικού σώματος πλησιάζει (τείνει) στην ταχύτητα του φωτός τότε η μάζα του γίνεται τόσο μεγάλη ώστε το υλικό σώμα χρειάζεται θεωρητικά ΑΠΕΙΡΗ ενέργεια για να επιταχυνθεί και να αυξήσει περαιτέρω την ταχύτητά του.



Εικόνα 1: Με την ΕΘΣ αλλάζει η αντίληψη μας για την μάζα των σωμάτων. Αυτή δεν αποτελεί πλέον μια αμετάβλητη ιδιότητα της ύλης αλλά μεταβάλλεται με τη μεταβολή της ταχύτητας σύμφωνα με τη σχέση $mc^2 = m_0c^2 + mu^2$

Ας δούμε λεπτομερέστερα την παραπάνω διαδικασία. Μέχρι την δημοσίευση της ΕΘΣ πιστεύαμε ότι η μάζα είναι μια σταθερή ιδιότητα ενός αντικειμένου. Ωστόσο, σύμφωνα με την ΕΘΣ, η μάζα του αντικειμένου αυξάνεται με την ταχύτητά του σύμφωνα με τη σχέση:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

όπου m_0 είναι η μάζα ηρεμίας του σώματος.

Παρατηρούμε ότι όσο η ταχύτητα u του αντικειμένου είναι μικρή (σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός) ο παρονομαστής γίνεται

$$\sqrt{1 - u^2/c^2} \approx 1 \quad (\text{διότι όταν } u^2 \ll c^2 \Rightarrow \frac{u^2}{c^2} \approx 0),$$

άρα η μάζα m του κινούμενου αντικειμένου (σε μικρές ταχύτητες) είναι πρακτικά ίση με τη μάζα ηρεμίας του m_0 .

Όσο όμως η ταχύτητα, αυξανόμενη, πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός, ο παράγοντας u^2/c^2 γίνεται και πρακτικά διάφορος του μηδενός, δηλαδή είναι υπολογίσιμη ποσότητα και επομένως μεγαλώνει το κλάσμα:

¹ Η Ειδική Θεωρία Σχετικότητας διατυπώθηκε από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν το 1905, και συμπληρώνει τους νόμους κίνησης του Νεύτωνα, ώστε να ισχύουν και σε ταχύτητες συγκρίσιμες με την ταχύτητα του φωτός. [1],[4].

$$\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$$

Έτσι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αντικειμένου, αυξάνεται η μάζα του.

Όταν τώρα η ταχύτητα πλησιάζει (τείνει) στην ταχύτητα του φωτός, ο παρονομαστής πλησιάζει (τείνει) προς το μηδέν

$$u^2 \rightarrow c^2 \Rightarrow \frac{u^2}{c^2} \rightarrow 1 \Rightarrow \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \rightarrow 0$$

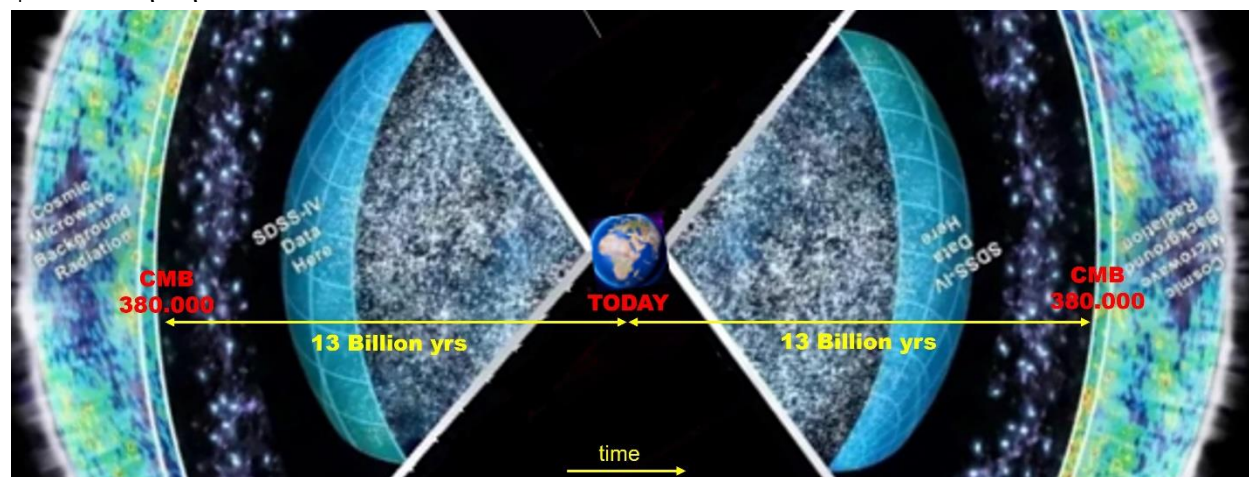
και επομένως η μάζα του κινούμενου αντικειμένου θα τείνει στο άπειρο.

Όμως για μια μάζα που πλησιάζει στο άπειρο, η ενέργεια που απαιτείται για να της αυξήσουμε την ταχύτητα (να την επιταχύνουμε) είναι όλο και μεγαλύτερη, τείνει προς το άπειρο. Έτσι θα χρειαζόταν άπειρη ενέργεια για να επιταχύνουμε ένα σώμα σε ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός c . (Περισσότερα βλέπε στο [5] της βιβλιογραφίας)

Αυτός είναι και ο λόγος που δεν μπορεί κάποιο υλικό σώμα να αποκτήσει την ταχύτητα του φωτός.

Τι συμβαίνει στην Κοσμολογία:

Γνωρίζουμε ότι το Σύμπαν είναι τεράστιο. Ήδη ισχυρά τηλεσκόπια παρατηρούν γαλαξίες σε κάθε κατεύθυνση του ουρανού, των οποίων το φως χρειάζεται 13 δισεκατομμύρια έτη για να φθάσει στη Γη.



Εικόνα 2: Είναι γνωστή η ηλικία του Σύμπαντος στα 13,7 δις έτη. Επίσης το Σύμπαν είναι ομογενές και ισότροπο (κοσμολογική αρχή - βλ. [2] κεφ.3, σελ.55) δηλαδή είναι ίδιο σε οποιαδήποτε κατεύθυνση κι αν το παρατηρήσουμε. Έτσι αν το κοιτάζουμε προς τα αριστερά θα συναντήσουμε γαλαξίες σε απόσταση 13 δις έτη φωτός, το ίδιο συμβαίνει και αν κοιτάζουμε προς τα δεξιά, άρα μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η διάμετρος του Σύμπαντος είναι τουλάχιστον 26 δις έτη φωτός.

Λόγω όμως της ομογένειας και της ισοτροπίας του Σύμπαντος [2], [3] μπορούμε να βρούμε τους μακρινούς γαλαξίες προς όλες, άρα και προς τις αντιδιαμετρικές κατευθύνσεις (βλ. Εικόνα 2).

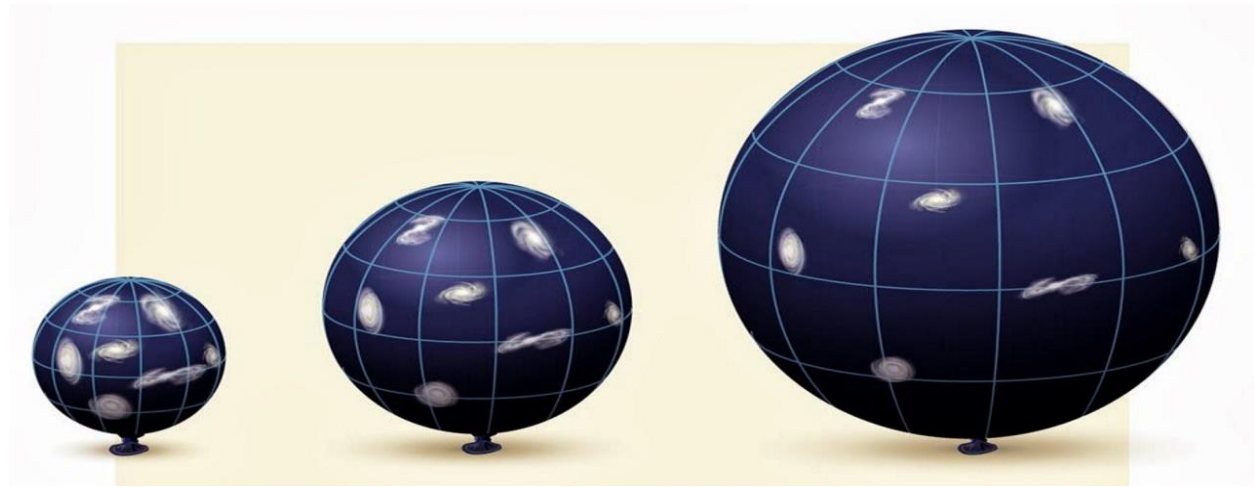
Έτσι θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι το Σύμπαν έχει διαστάσεις (διάμετρο) 26 δισεκατομμυρίων ετών φωτός. Αν λοιπόν το Σύμπαν διαστέλλονταν με την ταχύτητα του φωτός θα έπρεπε η διάμετρος του να μην ξεπερνά τα 13,7 δις έτη φωτός.

Δεδομένης της ηλικίας του Σύμπαντος (13,7 δις έτη) [2] αλλά και της διαμέτρου του (πάνω από 26 δις έτη φωτός) συμπεραίνουμε ότι αυτό διαστέλλεται με ταχύτητα μεγαλύτερη της ταχύτητας του φωτός (τουλάχιστον διπλάσια).

Αυτό θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι αντιβαίνει στην ΕΘΣ, που μας λέει ότι:
«η ταχύτητα του φωτός είναι ένα απόλυτο όριο»

Πράγματι σύμφωνα με την ΕΘΣ δεν υπάρχει υλικό αντικείμενο που να ταξιδεύει με ταχύτητα μεγαλύτερη (ή έστω και ίση) της ταχύτητας του φωτός. Πού είναι το παράδοξο;

Η εξήγηση είναι απλή, το Σύμπαν κατά τη διαστολή του δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως υλικό σώμα, δηλαδή δεν είναι ένα σώμα που διαστέλλεται και κινείται με ταχύτητα c , αλλά δημιουργεί χώρο μέσα στον οποίο συμβαίνει αυτή η διαστολή. Η δημιουργία αυτού του χώρου γίνεται με ταχύτητα μεγαλύτερη αυτής του φωτός και αυτό το γεγονός, της δημιουργίας χώρου με ταχύτητα μεγαλύτερη του φωτός, είναι συμβατό με την ΕΘΣ. Οι γαλαξίες μέσα στο χώρο που δημιουργείται εξακολουθούν να ταξιδεύσουν (απομακρύνονται) με ταχύτητες μικρότερες του φωτός αλλά λόγω της διαστολής του χώρου φαίνεται να ακολουθούν αυτή τη διαστολή. (βλ. Εικόνα 3)



Εικόνα 3: Κατά τη διαστολή του Σύμπαντος οι γαλαξίες δεν απομακρύνονται μεταξύ τους με την έννοια ότι καταλαμβάνουν ολοένα και περισσότερο χώρο(που υπάρχει στο Σύμπαν αλλά δεν καταλαμβάνεται ακόμα από γαλαξίες. Το ίδιο το Σύμπαν δημιουργεί χώρο που παρασύρει τους γαλαξίες έτσι ώστε να φαίνεται ότι απομακρύνονται γεμίζοντας τον χώρο που δημιουργήθηκε. Η ταχύτητα δημιουργίας αυτού του χώρου από Σύμπαν δεν υπόκειται στους περιορισμούς της ΕΘΣ γιατί η δημιουργία χώρου δεν είναι υλικό σώμα.

Τοπολογικά όσο περισσότερος είναι ο χώρος που δημιουργείται από το Σύμπαν που επεκτείνεται τόσο μεγαλύτερη μπορεί να φαίνεται η ταχύτητα επεκτάσεως. Έτσι στις εσχαιές του Σύμπαντος, που οι αποστάσεις είναι τεράστιες, οι φαινόμενες ταχύτητες διαστολής μπορεί να είναι κατά πολύ μεγαλύτερες της ταχύτητας του φωτός. Αυτό, όπως έχουμε πει, δεν αντιβαίνει στην ΕΘΣ αφού ο χώρος δεν είναι υλικό σώμα για να υπόκειται στον περιορισμό.

Τελικά υπάρχει κάτι πιο γρήγορο από το φως και είναι η διαστολή του Σύμπαντος.

Θεσσαλονίκη, 14 Σεπτεμβρίου 2024
Ιωάννης Χρ. Αγαπάκης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Einstein A. (1905) « *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*». Annalen der Physik 17, 891.
- [2] Hawking St. (1996) «*Το Χρονικό του Χρόνου*». Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα.
- [3] Pavan Kumar Aluri et al (2023) «*Is the Observable Universe Consistent with the Cosmological Principle?*» arXiv:2207.05765, Astrophysics, Cornell University.
- [4] Einstein A., Lorentz H. A., Minkowski H., & Weyl H. (1952). «*The Principle of Relativity: a collection of original memoirs on the special and general theory of relativity*». Courier Dover Publications.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

- [5] agapakis.eu / Η_ταχύτητα_του_φωτός_στην_ειδική_θεωρία_της_σχετικότητας