

## Σημειώσεις πάνω στη Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας

Δρ Μάνος Δανέζης  
Επίκουρος Καθηγητής Αστροφυσικής  
Τμήμα Φυσικής  
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Το 1905 ο Άλμπερτ Αϊνστάιν δημοσίευσε τρεις επιστημονικές εργασίες. Μία από αυτές, η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, έμελλε να ανατρέψει όλες τις μέχρι τότε απόψεις που αφορούσαν τη φυσική και αισθητή πραγματικότητα.

Παλαιότερα πιστεύαμε ότι το μήκος κάθε αντικειμένου δεν μεταβάλλεται, ασχέτως αν το αντικείμενο είναι ακίνητο ή κινείται με κάποια ταχύτητα. Το ίδιο πιστεύαμε ότι θα συμβαίνει με τη μάζα του, ότι παραμένει παντού και πάντοτε η ίδια. Ομοίως, θεωρούσαμε δεδομένο ότι τα ρολόγια μας δείχνουν την ίδια ώρα όταν βρίσκονταν καρφωμένα στον ακίνητο τοίχο του σπιτιού μας ή όταν κρέμονταν στο πιλοτήριο ενός ταχύτατα κινούμενου αεροπλάνου.

Και όμως, η γνώμη μας ήταν λαθεμένη! Δεν κατανοούσαμε ότι όλα αυτά τα «λογικά» γεγονότα συνέβαιναν μόνο και μόνο επειδή η ταχύτητα των κινούμενων αντικειμένων ή του ρολογιού ήταν πολύ μικρή σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός, η οποία φτάνει τα 300.000 Km/sec και είναι η πιο μεγάλη ταχύτητα που μπορούμε να συναντήσουμε μέσα στον αισθητό από εμάς κόσμο.

Σύμφωνα με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, το μήκος ενός αντικειμένου μικραίνει όσο μεγαλώνει η ταχύτητά του, και θα γίνει πρακτικά «μηδέν», όταν η ταχύτητά του φτάσει θεωρητικά την τιμή της ταχύτητας του φωτός.

Κατά τη διάρκεια όμως της χρονικής περιόδου που το μήκος του αντικειμένου «ζαρώνει» λόγω της αύξησης της ταχύτητάς του, η μάζα του όλο και μεγαλώνει μέχρι να γίνει άπειρη, όταν το μήκος του θα έχει γίνει μηδέν.

Μέσα σ' αυτόν τον μαγικό χορό των βαθμιαίων μεταμορφώσεων των σωμάτων, όπου τα οδηγεί η αύξηση της ταχύτητάς τους, η ανθρώπινη λογική επιζήτησε να ελέγξει τη σταθερότητα της έννοιας του χρόνου. Μάταια όμως! Ο χρόνος διαστέλλεται, όπως και η μάζα ενός σώματος, όταν αυξάνεται η ταχύτητά του.

### Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας

Ας δούμε όμως αρχικά τι ακριβώς περιγράφει και που αναφέρεται η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας.

Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, όπως και η Νευτώνεια θεωρία, περιγράφει, αν και με εντελώς διαφορετικό τρόπο, το πώς αντιλαμβανόμαστε το Σύμπαν μέσω των αισθήσεων και των οργάνων μας και όχι το πώς ακριβώς είναι αυτό στην πραγματικότητα.

Ας εξηγήσουμε όμως όσο πιο απλά μπορούμε τι εννοούμε λέγοντας τα προηγούμενα. Όπως γνωρίζουμε η Θεωρία της Σχετικότητας στηρίζεται στο γεγονός ότι ο κοσμικός χώρος στο σύνολό του δεν είναι Ευκλείδειος τριών διαστάσεων, αλλά υπακούει στη μαθηματική λογική μιας άλλης γεωμετρίας, εκείνης της τετραδιάστατης γεωμετρίας του Riemann. Ο παράδοξος αυτός χώρος ονομάζεται χωροχρονικό συνεχές και μια βασική του ιδιότητα είναι ότι δεν μπορούμε να τον διαιρέσουμε σε κομμάτια. Αν με κάποιο πλαστό και υποκειμενικό τρόπο τον τμήσουμε, τότε τα παραγόμενα μέρη του δεν παρουσιάζουν καμιά ίδια ιδιότητα με τον αρχικό χώρο.

Με βάση όλα τα προηγούμενα δεν μπορούμε να διαιρέσουμε το χωροχρονικό συνεχές του Σύνπαντος σε χώρο και σε χρόνο. Αλλά ακόμα και αν το κάνουμε –με κάποιες

πλαστές φορμαλιστικές διαδικασίες–, σε φυσικό επίπεδο, τα παραγόμενα δύο αυτά κομμάτια του δεν περιγράφουν καμία από τις ιδιότητες του χωροχρονικού συνεχούς. Ως εκ τούτου, μέσα στο χωροχρονικό συνεχές δεν μπορούμε να ορίσουμε ανεξάρτητα διαστήματα χώρου και χρόνου. Έτσι όμως, μη μπορώντας να ορίσουμε τέτοιου είδους διαστήματα δεν δυνάμεθα και να καταλήξουμε σε κάποια μορφή μέτρησης. Δηλαδή δεν μπορούμε να κάνουμε «επιστήμη» σύμφωνα με τα κλασικά δεδομένα.

Έτσι, η βασική έννοια του αδιαίρετου χωροχρονικού συνεχούς, σύμφωνα με την κλασική οπερασιοναλιστική σκέψη, αποτελεί μια αφηρημένη μαθηματική έννοια, η μελέτη της οποίας δεν μπορεί να καταλήξει σε φυσικές πραγματικότητες, που να καταλήγουν σε μια πραγματική μέτρηση μέσω οργάνων.

Όμως, ένας χώρος που περιγράφεται από τη γεωμετρία Riemann έχει μια παράδοξη ιδιότητα. Αν κόψουμε ένα ελαχιστότατο κομμάτι του, το κομμάτι αυτό με μια πολύ καλή προσέγγιση συμπεριφέρεται σαν ένας Ευκλείδειος χώρος.

Γνωρίζοντας αυτή την ιδιότητα, ο σπουδαίος μαθηματικός Χέρμαν Μινκόφσκι (Hermann Minkowski, 1864-1909), αντιλαμβανόμενος ότι οι μορφές και τα σχήματα στο πλαίσιο ενός τετραδιάστατου χώρου Riemann, βρίσκονται εκτός του πεδίου των ανθρώπινων αισθήσεων και ως εκ τούτου δεν ήταν δυνατόν να τα χειριστούμε πρακτικά, έκανε μια ενδιαφέρουσα μαθηματική πρόταση.

Στο σημείο του τετραδιάστατου συμπαντικού χώρου Riemann στο οποίο βρισκόταν ο παρατηρητής, έφερε ένα ιδεατό επαπτόμενο μαθηματικό Ευκλείδειο τρισδιάστατο χώρο –ο οποίος αργότερα προς τιμή του ονομάστηκε ψευδοευκλείδειος χώρος Minkowski –, του οποίου η έκταση ήταν πολύ περιορισμένη γύρω από το σημείο επαφής. Πάνω σε αυτόν τον τρισδιάστατο χώρο πρόβαλε όλα τα γεγονότα του μη αισθητού για την ανθρώπινη φυσιολογία τετραδιάστατου χωροχρονικού συνεχούς. Με τον τρόπο αυτόν οι ανθρώπινες αισθήσεις ίσως να μην μπορούσαν να αντιληφθούν τα γεγονότα του χωροχρονικού συνεχούς, αλλά είχαν τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται τις προβολές τους, τις εικόνες τους δηλαδή, μέσα στον τρισδιάστατο Ευκλείδειο χώρο που κατασκεύασε ο σπουδαίος Γερμανός μαθηματικός.

Ο χώρος Minkowski λοιπόν δρα σαν ένας μαγικός καθρέφτης πάνω στον οποίο καθρεφτιζόμενο το πραγματικό Σύμπαν, παίρνει κάποια στοιχειώδη αισθητή μορφή προκειμένου να γίνει αντιληπτό από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Στον χώρο αυτόν, οι τρεις χωρικές, καθώς και η τέταρτη χρονική συνιστώσα, συνδέονται εσωτερικά δημιουργώντας ένα τετραδιάστατο και ενιαίο σύνολο.

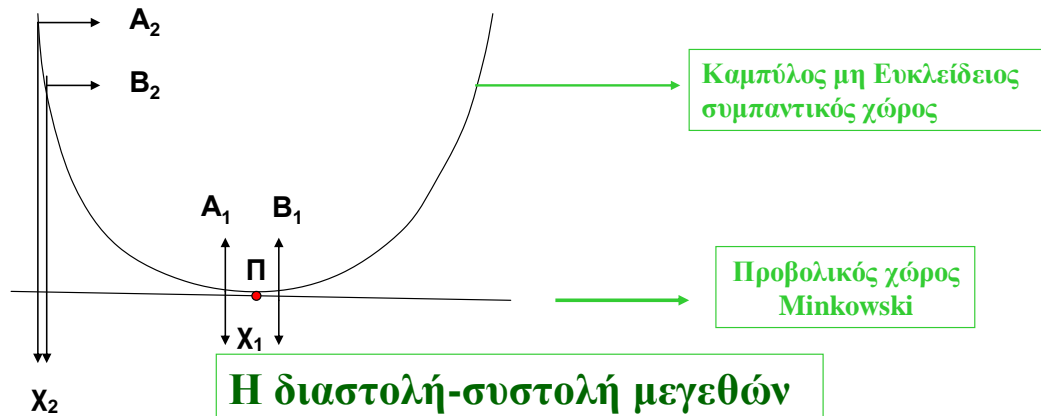
Τελικά όμως το ερώτημα που αναφέρεται για τον καθένα μας είναι: *«Πρακτικά, χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις μας, με ποιόν τρόπο αντιλαμβανόμαστε τον χώρο Minkowski;»*. Η απάντηση είναι αρκετά απλή. Θεωρώντας ότι η Γη μας είναι ακίνητη, οι ατελέστατες αισθήσεις μας αποκόπτουν πλαστά –λόγω των μειωμένων δυνατοτήτων τους– ένα ελαχιστότατο κομμάτι του συμπαντικού χώρου Riemann. Το κομματάκι αυτό, σύμφωνα με τις ιδιότητες της αντίστοιχης γεωμετρίας συμπεριφέρεται με μεγάλη ακρίβεια σαν Ευκλείδειος χώρος. Ως εκ τούτου οτιδήποτε υπάρχει ή καθρεφτίζεται πάνω του γίνεται αντιληπτό από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Η μικρή αυτή, σχεδόν Ευκλείδεια, περιοχή γύρω από τον θεωρούμενο ακίνητο παρατηρητή είναι αυτή που ονομάζουμε χώρο Minkowski.

Αυτό λοιπόν που πρέπει να σημειώσουμε είναι ότι όλα τα παράδοξα φαινόμενα της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας συμβαίνουν πάνω στον ψευδο-Ευκλείδειο χώρο Minkowski τον οποίο σχηματίζουν οι ατέλειες των αισθήσεών μας και όχι στο πραγματικό Σύμπαν.

Ο ίδιος ο σπουδαίος μαθηματικός H. Minkowski ανέφερε ότι ο χώρος και ο χρόνος ως ανεξάρτητες οντότητες, όπως τις μελετάμε πάνω στον χώρο που ο ίδιος όρισε,

είναι απλές σκιές της πραγματικότητας, την οποία εκφράζει μόνο η ενότητα τους δηλαδή το χωροχρονικό συνεχές.

Ας δώσουμε όμως ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε όλα τα προηγούμενα μέσα από το επόμενο σχήμα 1.



Το τόξο  $A_1B_1$  στην θέση που βρίσκεται, σε μικρή ακτίνα γύρω από τον παρατηρητή  $\Pi$  σχεδόν συμπίπτει σε μήκος με την προβολή του  $X_1$ .

Το τόξο  $A_2B_2 = A_1B_1$  στην θέση που βρίσκεται, μακριά από τον παρατηρητή, δίνει προβολή  $X_2$  πολύ μικρότερη του μήκους του τόξου αλλά και της προβολής  $X_1$

**Ο παρατηρητής  $\Pi$  που δεν αντιλαμβάνεται τον καμπύλο χώρο αλλά τον προβολικό χώρο και «βλέπει» αντί του τόξου την προβολή του, έχει την ψευδαίσθηση ότι το μήκος του τόξου μικραίνει**

Σχήμα 1

Έστω μια καμπύλη γραμμή και πάνω της ορίζουμε ένα μικρό τόξο της, το  $AB$  μήκους  $\Delta x$ . Στο κέντρο  $\Gamma$  του τόξου  $AB$ , φέρνουμε μια εφαπτομένη, που είναι σαν καθρέφτης και πάνω της καθρεφτίζεται ολόκληρη η καμπύλη πάνω στην οποία υπάρχει το τόξο  $AB$ . Στο σημείο  $\Gamma$  βρίσκεται ένας ακίνητος παρατηρητής που δεν μπορεί να αντιληφθεί την καμπύλη γραμμή, παρά μόνο το καθρέφτισμά της πάνω στην εφαπτομένη.

Ας αφήσουμε τώρα ακίνητο τον παρατηρητή στο σημείο  $\Gamma$  και ας θεωρήσουμε ότι το τόξο  $AB$  αρχίζει να κυλάει πάνω στην καμπύλη γραμμή. Όπως αντιλαμβανόμαστε, το μήκος του τόξου, καθώς κινείται, δεν θα αλλάξει. Δυστυχώς όμως ο παρατηρητής δεν μπορεί να αντιληφθεί το πραγματικό τόξο  $AB$ , παρά μόνο την προβολή του, δηλαδή το καθρέφτισμά του πάνω στον καθρέφτη της εφαπτομένης στο σημείο  $\Gamma$ . Τι ακριβώς βλέπει λοιπόν;

Όσο το τόξο  $AB$  απομακρύνεται από αυτόν, η προβολή του πάνω στην εφαπτομένη μικραίνει συνεχώς μέχρι που γίνεται μηδέν. Τι σημαίνει αυτό; Απλώς ότι στην πραγματικότητα το μήκος του τόξου  $AB$  δεν άλλαξε. Ο παρατηρητής όμως βλέποντας μόνο την εικόνα του, δηλαδή την προβολή του πάνω στον καθρέφτη της εφαπτομένης, έχει την ψευδαίσθηση ότι το μήκος μικραίνει μέχρι του σημείου να γίνεται μηδέν. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση του χώρου Minkowski. Ό,τι μετράμε πάνω του δεν είναι η πραγματικότητα, αλλά αυτό που οι αισθήσεις μας νομίζουν ότι είναι η πραγματικότητα.

Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας μας λέει τι θα πρέπει να αντιλαμβάνονται ότι συμβαίνει, δύο παρατηρητές, οι οποίοι κινούνται ο ένας σε σχέση με τον άλλο με ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Δηλαδή χωρίς να στρίβουν, ούτε να αλλάζουν ταχύτητα. Το σημείο όπου βρίσκεται ο κάθε παρατηρητής το λέμε «σύστημα αναφοράς», ενώ όλα τα συστήματα αναφοράς που κινούνται, σε σχέση με το πρώτο ευθύγραμμο και ομαλά, ονομάζονται αδρανειακά συστήματα. Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας αναφέρεται σε τέτοιου είδους συστήματα.

Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας θεωρεί δύο γεγονότα ως αυταπόδεικτα και αξιωματικά στο αισθητό και μετρούμενο Σύμπαν και μέχρι σήμερα κανένας δεν έχει καταφέρει να αποδείξει το αντίθετο.

Το πρώτο αξίωμα είναι ότι οι νόμοι της φύσης παραμένουν αναλλοίωτοι ανεξάρτητα από το ποιος παρατηρητής τους αντιλαμβάνεται.

Δηλαδή, αν κάποιος πάρει ένα μέτρο και μετρήσει το μήκος ενός τραπέζιου που έχει μπροστά του, θα το βρει ίδιο, ανεξάρτητα από το αν είναι ακίνητος ή βρίσκεται σε ένα διαστημόπλοιο που κινείται με το 99% της ταχύτητας του φωτός. Οποιοδήποτε πείραμα και αν κάνουν όλοι οι παρατηρητές με το ίδιο τραπέζι, θα βρουν τα ίδια αποτελέσματα και θα οδηγηθούν στα ίδια συμπεράσματα.

Το δεύτερο αξίωμα είναι ότι η ταχύτητα του φωτός στο κενό (300.000 Km/sec) είναι σταθερή ανεξάρτητα από το ποιος παρατηρητής τη μετρά. Η ταχύτητα αυτή είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα με την οποία μπορεί να τρέξει οτιδήποτε στο αισθητό για τον άνθρωπο και τα όργανά του Σύμπαν.

Ας δούμε ένα παράδειγμα προκειμένου να καταλάβουμε καλύτερα το αξίωμα αυτό.

Έστω ότι έχουμε δύο αυτοκίνητα (Α και Β), που κινούνται με αντίθετη φορά πάνω σε έναν ευθύγραμμο δρόμο, με ταχύτητες 200 χιλιόμετρα την ώρα το καθένα. Αυτό σημαίνει ότι ο οδηγός του αυτοκινήτου Α, θεωρώντας το αυτοκίνητό του σαν ακίνητο, βλέπει το αυτοκίνητο Β να τον πλησιάζει με ταχύτητα 400 χιλιόμετρα την ώρα. Όταν όμως ο οδηγός του αυτοκινήτου Β ανάψει τα φώτα του και ο οδηγός του αυτοκινήτου Α υπολογίσει την ταχύτητα του φωτός τους, τότε δεν θα τη βρει 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, που είναι η ταχύτητα του φωτός συν 400 ακόμα χιλιόμετρα την ώρα, που βλέπει να τον πλησιάζει ο οδηγός του αυτοκινήτου Β, αλλά μόνο 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Δηλαδή δεν προστίθενται οι ταχύτητες όπως προηγουμένως.

Τι είναι λοιπόν αυτό το παράξενο γεγονός, με τις παράδοξες ιδιότητες, το οποίο οι αισθήσεις μας μετρούν και αντιλαμβάνονται ως ταχύτητα;

Τα επόμενα θα δώσουν απάντηση στο προηγούμενο ερώτημα, βασικό για την επιστήμη, αλλά και για τη δομή του πολιτισμού μας.

### **Η έννοια της ταχύτητας του φωτός**

Όπως είπαμε στα προηγούμενα ο συμπαντικός χώρος περιγράφεται από τη Γεωμετρία του Riemann και είναι τεσσάρων διαστάσεων. Μια ιδιότητα αυτού του χώρου, η οποία αποδεικνύεται με ένα βασικό θεώρημα είναι ότι: «αν αποκόψουμε ένα ελάχιστο κομμάτι του χώρου αυτού, αυτό συμπεριφέρεται με μια άριστη προσέγγιση, σαν ένας τρισδιάστατος ευκλείδειος χώρος».

Ομοίως, αναφέραμε ότι ο περιορισμένος χαρακτήρας των ανθρώπινων αισθήσεων αποκόπτει και απομονώνει πλαστά μικρά κομμάτια του Σύμπαντος και μέσα σε αυτά αντιλαμβάνεται παραμορφωμένες εικόνες του και όχι το πραγματικό Σύμπαν.

Η ερώτηση που μπορούμε να κάνουμε είναι: «Πόσο μικρός πρέπει να είναι ο αποκοπτόμενος χώρος γύρω από τον παρατηρητή, για να είναι σχεδόν Ευκλείδειος; Δηλαδή, ποια τιμή πρέπει να έχουν τα κομμάτια των διαστάσεων  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ ,  $dt$ , του

αποκοπτόμενου κομματιού του τετραδιάστατου χώρου γύρω από τον παρατηρητή, για να είναι το κομμάτι αυτό κατά προσέγγιση Ευκλείδειο;  
 Η απάντηση είναι ότι, αν και δεν γνωρίζουμε ακριβώς τις τιμές των  $dx$ ,  $d\psi$ ,  $dz$ ,  $dt$ , θα πρέπει:

$$dx/dt, d\psi/dt, dz/dt \leq 300.000$$

Η τιμή 300.000 είναι καθαρός αριθμός επειδή τα  $dx$ ,  $d\psi$ ,  $dz$ ,  $dt$  είναι κομμάτια των τεσσάρων διαστάσεων και επειδή όλες οι διαστάσεις στα μαθηματικά, είναι ισότιμες και ισοδύναμες αν χρειαστεί να μετρηθούν μετρούνται με την ίδια μονάδα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επαναλάβουμε ότι η  $dt$  δεν εκφράζει την έννοια του χρόνου όπως τη μετράμε με τα ρολόγια και τα ημερολόγια μας, αλλά την έννοια του κομματιού της μαθηματικής τέταρτης διάστασης.

Ωστόσο, αν κάνουμε το σφάλμα να ταυτίσουμε τις δύο αυτές έννοιες, τότε η  $dt$  μετριέται σε sec και οι λόγοι  $dx/dt$ ,  $d\psi/dt$ ,  $dz/dt$  εκφράζουν αυτό που ονομάζουμε «ταχύτητα» και μετρώνται π.χ. σε Km/sec. Αυτό σημαίνει ότι το κομμάτι του τετραδιάστατου συμπαντικού χώρου Riemann το οποίο αποκόπτουν οι ανθρώπινες αισθήσεις, για να είναι Ευκλείδειο πρέπει οι μετρούμενες ταχύτητες μέσα σε αυτό να μην ξεπερνούν την τιμή των 300.000 Km/sec. Εν ολίγοις η ταχύτητα δεν είναι παρά ένα κριτήριο για το πόσο ο χώρος γύρω μας αποκλίνει ή όχι της Ευκλείδειας Γεωμετρίας. Όσο μεγαλώνει η ταχύτητα, τόσο η γεωμετρία του χώρου και οι ιδιότητές του αποκλίνουν της Ευκλείδειας Γεωμετρίας. Η ταχύτητα του φωτός είναι το ανώτατο όριο μετά το οποίο ο χώρος παύει στο σύνολό του να είναι Ευκλείδειος, άρα και να υποπίπτει στο πεδίο της ανθρώπινης φυσιολογίας.

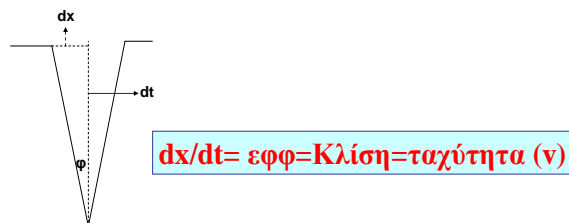
Βεβαίως όλα τα προηγούμενα πρέπει να τα αποδείξουμε με καθαρά επιστημονικό τρόπο. Η αναγκαιότητα αυτή γίνεται επιτακτική προκειμένου να μηδενιστούν κάποιες σκέψεις ότι τα προηγούμενα μπορεί να υποκρύπτουν ένα καθαρά φιλοσοφικό, μεταφυσικό ή θεολογικό δόγμα, δοσμένο με έναν πλαστά μαθηματικοποιημένο τρόπο.

### Η σχέση μεταξύ ταχύτητας και καμπυλότητας

Τα δύο βασικά ερωτήματα στα οποία θα πρέπει να δώσουμε μια απάντηση είναι:

1. Γιατί ο λόγος των αποκοπόμενων κομματιών των διαστάσεων  $dx/dt$ ,  $d\psi/dt$ ,  $dz/dt$  καθορίζει το αν ο χώρος είναι Ευκλείδειος, και
2. Γιατί οι λόγοι αυτοί έχουν πάντα ως παρονομαστή την τέταρτη διάσταση;

Όπως αναφέραμε και στα προηγούμενα ο χώρος του Σύμπαντος είναι καμπύλος (μη Ευκλείδειος). Αυτό σημαίνει ότι σε τοπικό επίπεδο τα κομμάτια των διαστάσεων  $dx$ ,  $d\psi$ ,  $dz$ , καμπυλώνονται προς το κομμάτι της τέταρτης διάσταση  $dt$ .



Σχήμα 2

Όπως αντιλαμβανόμαστε από το σχήμα 2 λόγω αυτής της καμπύλωσης δημιουργείται ένα ορθογώνιο τρίγωνο με κάθετες πλευρές τα  $dx$ ,  $dt$  και γωνία κορυφής τη  $\varphi$ .

Γνωρίζουμε από την τριγωνομετρία ότι ο λόγος  $dx/dt$  εκφράζει την εφαπτομένη της γωνίας ( $\varphi$ ), που ονομάζεται και «κλίση», ενώ για την εφαρμοσμένη επιστήμη ο λόγος αυτός εκφράζει το μέγεθος της ταχύτητας.

Έχουμε δηλαδή:  $dx/dt = \varepsilon\varphi = \text{κλίση} = \text{ταχύτητα } (v)$ .

Όμως γνωρίζουμε ότι η κλίση, στις μη Ευκλείδειες γεωμετρίες, είναι ανάλογο μέγεθος της καμπυλότητας του χώρου.

Ας επανέλθουμε τώρα στο μετρούμενο και παρατηρούμενο Σύμπαν.

Σύμφωνα με τον νόμο του Hubble, όσο απομακρυνόμαστε από τον παρατηρητή, δηλαδή όσο μεγαλώνει η απόσταση ( $R$ ) μεγαλώνει η ταχύτητα φυγής των γαλαξιών ( $v$ ).

$$v = H \cdot R, \text{ όπου } H \text{ είναι η σταθερά του Hubble.}$$

Όμως σύμφωνα με το φαινόμενο Ryle όσο μεγαλώνει η απόσταση ( $R$ ) μεγαλώνει και η πυκνότητα υλοενέργειας του Σύμπαντος ( $\rho$ ).

Από τις δύο αυτές παρατηρησιακές διαπιστώσεις καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όσο μεγαλώνει η ταχύτητα φυγής των γαλαξιών τόσο μεγαλώνει και η πυκνότητα της υλοενέργειας του Σύμπαντος.

Επειδή όμως, σύμφωνα με την Θεωρία της Σχετικότητας, όσο μεγαλώνει η πυκνότητα ( $\rho$ ) περιοχών του Σύμπαντος μεγαλώνει και η καμπυλότητά τους, βάσει της σχέσης

$$\varepsilon = [\pi k R^{2/3} (k \rho / 6H^2)].[(k \rho / 6H^2) - 1/2]$$

συμπεραίνουμε ότι όσο μεγαλώνει η ταχύτητα ( $v$ ) μεγαλώνει και η καμπυλότητα ( $\varepsilon$ ) του χώρου.

Μετά όλα τα προηγούμενα είναι πλέον προφανές ότι η ταχύτητα δεν είναι παρά ένα μέτρο της καμπυλότητας του χώρου. Εύλογα λοιπόν καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι λόγοι  $dx/dt$ ,  $d\psi/dt$ ,  $dz/dt$ , οι οποίοι ταυτίζονται στην πράξη με την έννοια της ταχύτητας, αποτελούν ένα μέτρο της καμπυλότητας του χώρου, δηλαδή ουσιαστικά εκφράζουν το είδος της γεωμετρίας του.

Ομοίως, μπορούμε να πούμε ότι η τιμή των 300.000Km/sec εκφράζει τη μέγιστη τιμή της καμπυλότητας που πρέπει να έχει ο χώρος προκειμένου να παρουσιάζει έστω κάποιες Ευκλείδειες ιδιότητες και ως εκ τούτου να μπορεί να γίνει αισθητός από την ανθρώπινη φυσιολογία.

### **Βιβλιογραφία**

Ε. Δανέζη και Σ. Θεοδοσίου : «Η Κοσμολογία της Νόησης», Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα

Ε. Δανέζη και Σ. Θεοδοσίου : «Η Επιστήμη του Homo Universalis», Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 2012 (υπό έκδοση)