



Περί Ατόμων και Συμπάντων (#2): «Διαστολή του Χρόνου»

(επιμέλεια: [Βαγγέλης Αυξωνίδης](#))

Όλοι μας έχουμε φανταστεί ένα ταξίδι είτε στο παρελθόν είτε στο μέλλον. Σίγουρα όμως θα νομίζουμε πως αγγίζουμε την γραμμή μεταξύ πραγματικότητας και ονείρου. Αυτό ίσως μπορεί να εξακριβωθεί με ένα πολύ γνωστό παράδοξο, αυτό των διδύμων.

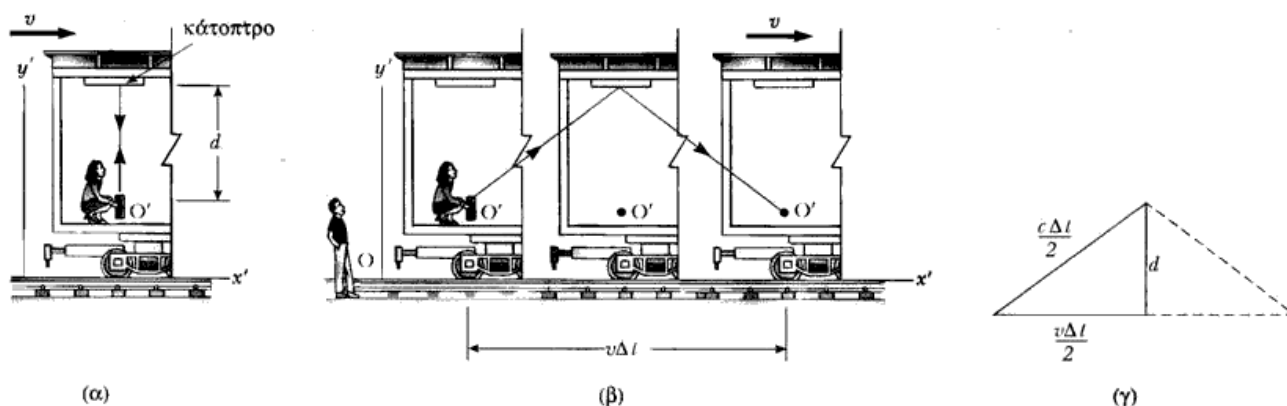
Το 1911, ο γάλλος φυσικός Pierre Langevin μελέτησε το ακόλουθο νοητό πείραμα. Φαντασθείτε κάποιον (ας τον ονομάσουμε Βασίλη) που αναχωρεί για ένα διαστημικό ταξίδι, αφήνοντας πίσω στη Γή το δίδυμο αδελφό του (τον Γιώργο). Όταν επιστρέφει, είναι **νεότερος** από τον αδελφό του. Για τον αστροναύτη, αυτό είναι ένα χειροπιαστό αποτέλεσμα από το ταξίδι του στο μέλλον της Γης.

Το παράδοξο όμως δεν βρίσκεται εδώ. Ίσως ακούγεται αλλόκοτο, αλλά ανταποκρίνεται απολύτως στις προβλέψεις της θεωρίας του Αϊνστάιν. Το παράδοξο αναδύεται από τα φαινομενικώς αντιφατικά συμπεράσματα, τα οποία προκύπτουν από την έννοια της **σχετικής κίνησης**. Βλέπετε, μάλλον βιαστήκαμε πολύ επιλέγοντας αυθαίρετως τα συστήματα αναφοράς, και τον τρόπο με τον οποίο ο χρόνος επιβραδύνεται στο ένα και όχι στο άλλο. Ο Βασίλης μπορεί να ισχυριστεί ότι το διαστημόπλοιό του δεν απομακρύνεται από την Γη με ταχύτητα σχεδόν του φωτός, αλλά ότι η Γη απομακρύνεται από το σκάφος με την ίδια ταχύτητα. Κάλλιιστα θα μπορούσε να υποστηρίξει ο Βασίλης ότι έμεινε ακίνητος καθ' όλη την διάρκεια του ενός έτους ταξιδιού, και ότι σε αυτήν την χρονική περίοδο κινούνταν η Γη, πρώτα απομακρυνόμενη και μετά πλησιάζοντάς τον. Έτσι, ο Βασίλης θα έβλεπε, με

την χρήση κάμερας, τα ρολόγια της Γης να χτυπούν πιο αργά σε σχέση με του σκάφος. Συνεπώς θα ισχυριζόταν ότι ο Γιώργος θα γεράσει λιγότερο όταν ο Βασίλης θα επιστρέψει, αφού κατά την διάρκεια της απουσίας του Βασίλη, στη Γη θα έχει περάσει χρονικό διάστημα ίσο με το ένα δέκατο της χρονικής διάρκειας του ταξιδιού του. Αυτό είναι το παράδοξο! Δεν πρέπει να μας βάλει σε πολύ βαθιές σκέψεις, αλλά σε απλές για να καταλάβουμε την Ειδική θεωρία της Σχετικότητας του Αϊνστάιν.

Μαθηματική απόδειξη της διαστολής του χρόνου

Προκειμένου να δείξουμε ότι ο χρόνος δεν ρέει με τον ίδιο ρυθμό για δύο διαφορετικούς αδρανειακούς παρατηρητές, ας θεωρήσουμε ένα όχημα κινούμενο προς τα δεξιά με ταχύτητα V και δύο άνθρωποι, ο ένας μέσα στο όχημα (ο Β) και ο άλλος το παρατηρεί (ο Α).



Γνωρίζοντας ότι η ταχύτητα του φωτός $c=3 \times 10^8$ m/s είναι σταθερή, μπορούμε να εφαρμόσουμε τις εξισώσεις της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης και για τους 2 ανθρώπους.

Ως προς τον Β το μήκος d θα ισούται με: $d = c \cdot t_B$ (1)

Ως προς τον παρατηρητή Α το μήκος d με Πυθαγόρειο Θεώρημα γίνεται:

$$c^2 \cdot t_A^2 = d^2 + V^2 \cdot t_A^2 \Rightarrow d^2 = c^2 \cdot t_A^2 - V^2 \cdot t_A^2 \Rightarrow d^2 = t_A^2 \cdot (c^2 - V^2) \quad , \text{ όμως από (1)}$$

$$\Rightarrow c^2 \cdot t_B^2 = t_A^2 \cdot (c^2 - V^2) \Rightarrow t_B^2 = t_A^2 \cdot \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \Rightarrow t_B = t_A \cdot \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \quad ,$$

αλλά στην ειδική σχετικότητα, το μέγεθος γ ισούται: $\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} = \frac{1}{\gamma}$ (2)

Με αυτόν τον τρόπο η σχέση έρχεται και γίνεται η περίφημη εξίσωση:

$$t_B = \frac{t_A}{\gamma}$$

Από σχέση (2), έχουμε: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$

Διερεύνηση

- εάν το $V^2=0$, δηλαδή το όχημα είναι ακίνητο γίνεται: $\gamma=1/1=1$. Από την εξίσωση όμως $t_B=t_A/\gamma=t_A/1=t_A$, άρα ο χρόνος που αισθάνεται ο Β είναι ο ίδιος με αυτόν που αισθάνεται ο Α.
- Όταν όμως το V πλησιάζει το c , το γ γίνεται μεγαλύτερο από 1 άρα $t_B=t_A/\gamma$, $\gamma>1$ το $t_B<t_A$ άρα ο χρόνος που κυλάει στον Β είναι πολύ πιο μικρός από αυτόν που μετράει ο Α.

«Ο χρόνος είναι σχετικός»

Από τα παραπάνω, καταλαβαίνουμε πως ο χρόνος είναι **σχετικός** και πως όσο περισσότερο πλησιάζουμε την ταχύτητα του φωτός τόσο πιο πολύ επιβραδύνεται ο χρόνος. Αυτό βέβαια είναι απόλυτα φανερό σε ταχύτητες που φτάνουν την ταχύτητα του φωτός, αλλά μην ξεχνάμε πως και σε αυτές τις μικρές ταχύτητες που ζούμε καθημερινά ισχύουν οι νόμοι της Φυσικής. Οπότε όταν τρέχεις στην γυμναστική για να ζεσταθείς, να ξέρεις πως ο χρόνος που θα βιώνεις θα κυλάει πιο αργά με τον χρόνο που θα βιώνουν τα παιδιά που σε κοιτούν.