

# ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΤΖΕΚΤ

ΒΑΣΩ ΜΑΤΣΟΥΡΗ

ΦΑΙΔΡΑ ΤΟΥΛΙΑΤΟΥ

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΙΑΤΡΑΣ

ΔΑΝΑΗ ΑΛΠΟΧΩΡΙΤΗ

ΜΙΧΑΗΛ-ΑΓΓΕΛΟΣ ΣΚΑΝΑΒΗΣ

ΒΑΣΙΛΗΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ

---

# ΣΧΕΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

□ ΤΥΠΟΣ:

$$\vec{r}_{A/O} = \vec{r}_{B/O} + \vec{r}_{A/B}$$

- Η παραπάνω εξίσωση σχετικής κίνησης δηλώνει ότι η κίνηση του A σχετικά με το O είναι ίση με την κίνηση του B σχετικά με το O συν την κίνηση του A σχετικά με το B.
- Το A κινείται με ταχύτητα  $\vec{v}_A$  και το B κινείται με ταχύτητα  $\vec{v}_B$ , με την κάθε ταχύτητα να δίνεται σχετικά με το έδαφος. Για να βρούμε πόσο γρήγορα κινείται το A σε σχέση με το B (αυτή την ονομάζουμε ταχύτητα  $\vec{v}_{A/B}$ ), η πάνω εξίσωση δίνει:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_B + \vec{v}_{A/B}.$$

# ΑΞΙΩΜΑΤΑ

---

- ✦ Αρχή της ειδικής σχετικότητας:

Όλοι οι νόμοι της φυσικής είναι ίδιοι σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς. Δεν εξαιρείται ούτε ο ηλεκτρομαγνητισμός, ούτε το φως. Δεν υπάρχουν προνομιούχοι αδρανειακοί παρατηρητές. Ο Κόσμος διέπεται από μία βαθιά ισονομία.

# ΑΞΙΩΜΑΤΑ

---

Αυτή από μόνη της η αρχή είναι ικανή να παράγει το επόμενο λήμμα, που συχνά αναφέρεται ως δεύτερο αξίωμα της σχετικότητας:

Το φως έχει την ίδια ταχύτητα  $c$  ως προς όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς.

# ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

$$\Delta t = \frac{d}{c\sqrt{1-v^2/c^2}} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$
$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

- ✘ μας δίνει πόσο ακριβώς μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που αντιλαμβάνεται ο ακίνητος παρατηρητής να συμβαίνουν τα γεγονότα στο κινούμενο σύστημα αναφοράς:  $\gamma$  φορές μεγαλύτερος. Για ταχύτητα  $v = 0.99c$  έχουμε  $\gamma=7$ . Για  $v \rightarrow c$   $\gamma \rightarrow \infty$ . Ο ακίνητος παρατηρητής βλέπει τον χρόνο του κινούμενου παρατηρητή να διαστέλλεται. Το φαινόμενο λέγεται ακριβώς έτσι: διαστολή χρόνου (time dilation) και οφείλεται στην ίδια την φύση του χρόνου.

# ΣΥΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

- ✦ Ας φανταστούμε μία ράβδο ακίνητη πάνω στον  $x'$  άξονα στο σύστημα αναφοράς του παρατηρητή  $O'$ . Το μήκος γι' αυτόν είναι  $L' = \Delta x'$  και ονομάζεται ιδιομήκος. Την ίδια ράβδο μετράει ο παρατηρητής  $O$  στο ακίνητο σύστημα αναφοράς της Γης (αν και παραβιάζουμε λίγο τη σχετικότητα όταν λέμε ακίνητο σύστημα αναφοράς). Αυτός για να μετρήσει το μήκος της δεν έχει παρά να αφαιρέσει την τελική θέση από την αρχική θέση της ράβδου όπως τη βλέπει στο σύστημά του την ίδια χρονική στιγμή. Συνεπώς γι' αυτόν  $\Delta L = \Delta x$  και  $\Delta t = 0$ .

# ΣΥΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

$$\Delta x' = \gamma \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{\Delta x'}{\gamma}$$

- ✘ Ο παρατηρητής μετράει το μήκος της κινούμενης ράβδου μικρότερο από το ιδιομήκος της. Αυτή είναι η λεγόμενη συστολή μήκους ή Lorentz-FitzGerald contraction

# ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

- Στη σχετικιστική μηχανική, η μάζα ενός σώματος εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς σύμφωνα με τον τύπο:  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$ , όπου  $m_0$  η μάζα ηρεμίας του σώματος
- Ο σχετικιστικός τύπος της μάζας εμπεριέχει την κλασική έκφραση ως όριο στην περίπτωση των χαμηλών ταχυτήτων ( $v \ll c$ ).

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = m_0 \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{v}{c} \right)^2 + \dots \right] \xrightarrow{v \ll c} m \approx m_0$$



# ΤΟ ΠΑΡΑΔΟΞΟ ΤΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ

- ❑ Έστω δυο δίδυμοι. Ο πρώτος (A) που παραμένει στην γη και ο δεύτερος (B) που επιβιβάζεται σε έναν πύραυλο το οποίο κινείται με μεγάλη ταχύτητα.
- ❑ Ο B κινείται για 3 χρόνια. Γυρνώντας όμως στην γη καταλαβαίνει ότι έλειπε για 20 χρόνια.
- ❑ ο "ακίνητος" Δίδυμος A είναι κατά 17 έτη μεγαλύτερος από τον αδελφό του. Οι δύο δίδυμοι αδελφοί δεν είναι πια ίσα στην ηλικία.