

**Τυπολόγιο Σχετικότητας (ΦΥΕ34)**

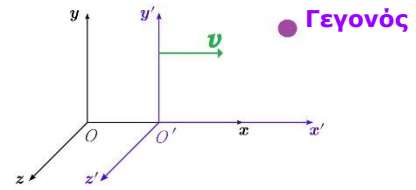
**ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ LORENTZ**

• Μετασχηματισμοί Lorentz (Οι χωροχρονικές συνιστώσες του γεγονότος ως προς τον ακίνητο παρατηρητή  $O: (x, y, z, t)$  και ως προς τον κινούμενο  $O': (x', y', z', t')$ )

$$x' = \gamma(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)$$

$v$  είναι η ταχύτητα του συστήματος  $O'$

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t), \quad \Delta y' = \Delta y, \quad \Delta z' = \Delta z, \quad \Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{v}{c^2}\Delta x\right)$$



• Αντίστροφοι Μετασχηματισμοί (Όταν γνωρίζουμε ως προς τον κινούμενο και θέλουμε ως προς τον ακίνητο)

$$x = \gamma(x' + vt'), \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right)$$

• Συντελεστής Lorentz  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} > 1$  όπου  $\beta = v/c$

**ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ LORENTZ**

**1) Ταυτοχρονικότητα**

Έστω 2 γεγονότα είναι ταυτόχρονα ως προς τον ακίνητο παρατηρητή  $O$ . Άρα  $\Delta t = 0$ . Τότε ο Κινούμενος  $O'$  μετρά:

$$\Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{v}{c^2}\Delta x\right) \stackrel{\Delta t=0}{\iff} \Delta t' = -\gamma\frac{v}{c^2}\Delta x \neq 0$$

$\Delta x$  είναι η χωρική διαφορά των 2 γεγονότων ως προς τον  $O$   
 Το πρόσημο υποδηλώνει ποιο γεγονός έγινε πρώτο π.χ.  $\begin{cases} \Delta t' < 0 \iff t_2 - t_1 < 0 \iff t_2 < t_1 \\ \Delta t' > 0 \iff t_2 - t_1 > 0 \iff t_2 > t_1 \end{cases}$

Έστω 2 γεγονότα είναι ταυτόχρονα ως προς τον κινούμενο παρατηρητή  $O'$ . Άρα  $\Delta t' = 0$ . Τότε ο Ακίνητος  $O$  μετρά:

$$\Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \frac{v}{c^2}\Delta x'\right) \stackrel{\Delta t'=0}{\iff} \Delta t = \gamma\frac{v}{c^2}\Delta x' \neq 0$$

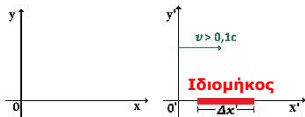
**2) Διαστολή του Χρόνου**

Η χρονική διάρκεια ενός γεγονότος είναι πάντα μεγαλύτερη όπως την μετράει ο ακίνητος παρατηρητής  $\Delta t = \gamma\Delta t'$

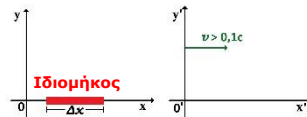
Ο χρόνος ζωής ενός σωματιδίου ως προς το σύστημα του εργαστηρίου είναι  $\Delta t$ , ενώ ως προς το σωματίδιο είναι  $\Delta t'$

**3) Συστολή του Μήκους**

Ιδιομήκος είναι το μήκος της ράβδου ως προς το σύστημα το οποίο είναι ακίνητη. Ο παρατηρητής που κινείται ως προς το ιδιομήκος αντιλαμβάνεται συστολή του μήκους



Το Ιδιομήκος είναι το  $\Delta x'$ , ο ακίνητος θα υπολογίζει  $\Delta x = \frac{\Delta x'}{\gamma}$



Το Ιδιομήκος είναι το  $\Delta x$ , ο κινούμενος θα υπολογίζει  $\Delta x' = \frac{\Delta x}{\gamma}$

**ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ LORENTZ ΓΙΑ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΓΕΓΟΝΟΣ**

Ο ακίνητος παρατηρητής  $O$  αντιλαμβάνεται την ταχύτητα του γεγονότος  $\vec{v}(v_x, v_y)$ , ενώ ο κινούμενος την ταχύτητα του γεγονότος  $\vec{v}'(v'_x, v'_y)$

**Ορθοί Μετασχηματισμοί**

$$v'_x = \frac{v_x - v}{1 - \frac{v}{c^2}v_x} \quad \text{και} \quad v'_y = \frac{v_y}{\gamma\left(1 - \frac{v}{c^2}v_x\right)}$$

**Αντίστροφοι Μετασχηματισμοί**

$$v_x = \frac{v'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2}v'_x} \quad \text{και} \quad v_y = \frac{v'_y}{\gamma\left(1 + \frac{v}{c^2}v'_x\right)}$$

**Σχετικιστική Ορμή και Ενέργεια**

Ορμή:  $\vec{P}_{\Sigma\chi} = m_r v = \gamma m v \left(\frac{eV}{c}\right)$

Ενέργεια Ηρεμίας:  $E = mc^2$  (eV)

Κινητική Ενέργεια:  $K = (\gamma - 1)mc^2$  (eV)

Ολική ενέργεια:  $E_{ολ} = K + E_0 = \gamma mc^2$  (eV)

Σχέση Ορμής – Ολικής Ενέργειας:  $E = \sqrt{p^2 c^2 + m^4 c^4}$

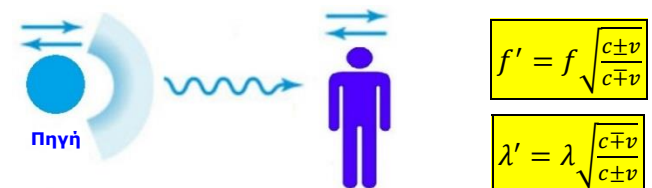
Α.Δ.Σχ.Ο.:  $(\vec{P}_{\Sigma\chi})_{ΑΡ\chi} = (\vec{P}_{\Sigma\chi})_{Τελ}$

Α.Δ.Σχ.Ε.:  $(E_{ολ})_{ΑΡ\chi ικα} = (E_{ολ})_{Τελ ικα}$

Όταν ένα σωματίο είναι ακίνητο, τότε έχει μηδενική ορμή και ενέργεια ηρεμίας  $mc^2$  ενώ όταν κινείται έχει ορμή  $\gamma m v$  και ολική ενέργεια  $\gamma mc^2$

**Φαινόμενο Doppler**

Η Συχνότητα και το Μήκος Κύματος που βλέπει ο παρατηρητής



(Όπου  $v$  είναι η σχετική ταχύτητα απομάκρυνσης ή προσέγγισης πηγής – παρατηρητή)

- Τα πάνω πρόσημα όταν πηγή – παρατηρητής προσεγγίζουν
- Τα κάτω πρόσημα όταν πηγή – παρατηρητής απομακρύνονται

Ενέργεια Φωτονίου:  $E_\phi = hf = hc/\lambda$  Ορμή Φωτονίου:  $P_\phi = E_\phi/c$