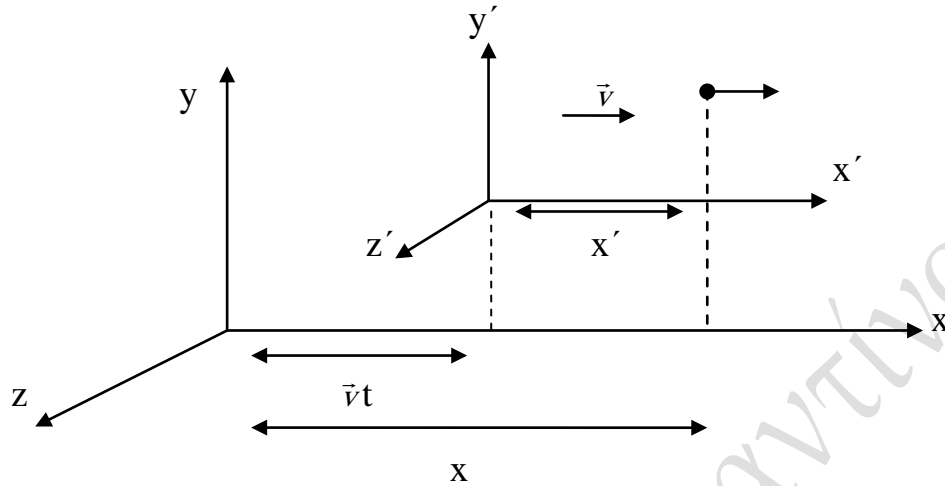


ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ

Μετασχηματισμοί Γαλιλαίου. (Κλασική Θεώρηση)



$$x' = x - v \cdot t \Rightarrow v' = v_x - v$$

Το οποίο οδηγεί στο ότι $c' = c - v$. (άτοπο),

αφού σύμφωνα με τα πειράματα Mickelson-Morley είναι $c' = c$.

Επίσης $y' = y$, $z' = z$, $t' = t$

Το οποίο ($t' = t$) είναι θεμελιώδες για την κλασική Φυσική και σύμφωνα με την εμπειρία μας.

v' : είναι η ταχύτητα του σώματος ως προς το τονούμενο σύστημα αναφοράς

v_x : είναι η ταχύτητα του σώματος ως προς το μη τονούμενο σύστημα αναφοράς

v : είναι η ταχύτητα του τονούμενου συστήματος αναφοράς

Μετασχηματισμοί Lorentz

Διατυπώθηκαν ώστε να ισχύουν οι νόμοι του Η/Μ σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς.

$$x' = \gamma \cdot (x - v \cdot t) \Leftrightarrow v'_x = \frac{v_x - v}{1 - \frac{v_x \cdot v}{c^2}}$$

$$t' = \gamma \cdot \left(t - \frac{x \cdot v}{c^2} \right)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > 1$$

Ο χρόνος που μετράται εξαρτάται και από τη θέση x και από το t .

Σ.Σ. για v πολύ μικρό $\Rightarrow \gamma = 1$ οπότε ισχύουν και οι δύο μετασχηματισμοί.

Ειδική θεωρία της Σχετικότητας

1° Αξίωμα

Η ταχύτητα του φωτός είναι ίδια σε όλα τα αδρανειακά συστήματα και η μεγαλύτερη στη φύση (κενό).

2° Αξίωμα

Οι νόμοι της Φύσης είναι ίδιοι σε όλα τα αδρανειακά συστήματα.

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ 1^{ου} ΑΞΙΩΜΑΤΟΣ

1^η Συνέπεια του 1^{ου} Αξιώματος

Διαστολή του χρόνου

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

Δt_0 : ιδιόχρονος

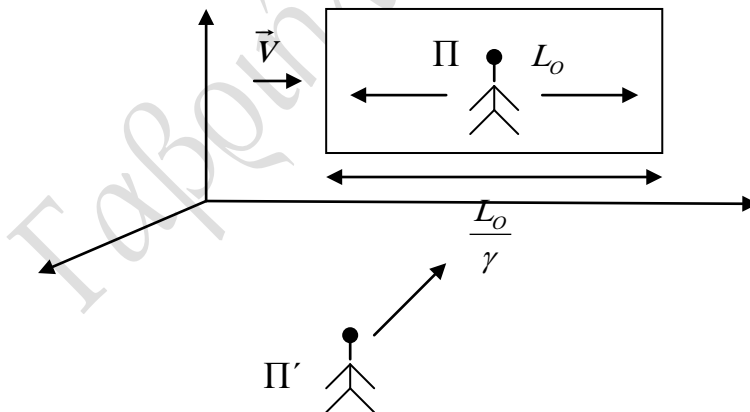
Ιδιόχρονος είναι ο χρόνος , που διαρκεί ένα γεγονός στο ίδιο σημείο του χώρου.

(Ρολόι ακίνητο ως προς το σημείο που συμβαίνει το γεγονός.).

Το φαινόμενο επιβεβαιώνεται με τα πόνια τα οποία ακίνητα ή κινούμενα με μικρές ταχύτητες έχουν χρόνο ζωής 10^{-8} s , ενώ κινούμενα με 0,99c έχουν χρόνο ζωής περίπου $7 \cdot 10^{-8}$ s δηλ. 7 φορές μεγαλύτερο.

2^η Συνέπεια του 1^{ου} Αξιώματος

Συστολή του μήκους



Ιδιόμηκος είναι το μήκος L_0 , που μετρίεται σ' ένα σύστημα αναφοράς που το μετρούμενο αντικείμενο ηρεμεί

3^η Συνέπεια του 1^{ου} Αξιώματος

Κατάργηση της άθροισης των ταχυτήτων

$$V' = \frac{V_x - V}{1 - \frac{V_x V}{c^2}}$$

Επιμέλεια: Γαβριήλ Κωνσταντίνος
Καθηγητής φυσικής
www.fisikis-evgelia.gr

4η Συνέπεια του 1^{ου} Αξιώματος :

Κατάργηση του ταυτόχρονου

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ 2ου ΑΞΙΩΜΑΤΟΣ

1η Συνέπεια του 2ου Αξιώματος

Νέος Ορισμός στην Ορμή

Σχετικιστική Ορμή $\vec{p} = \gamma \cdot m \cdot \vec{v}$

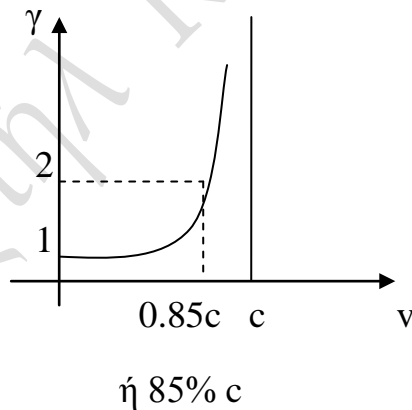
A) Γίνεται ίση με την κλασική ορμή για μικρές ταχύτητες.

B) Διατηρείται ως προς όλα τα αδρανειακά συστήματα.

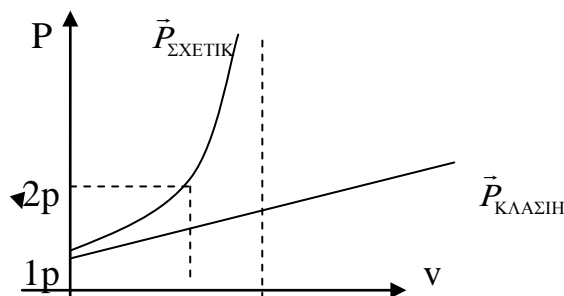
Η μάζα m παλαιότερα ονομαζόταν μάζα ηρεμίας.

Παρατήρηση

Η σχετικιστική ορμή δεν είναι ανάλογη προς την ταχύτητα.



Ομοίως για τη σχετικιστική ορμή έχουμε ανάλογα συμπεράσματα.



2η Συνέπεια του 2ου Αξιώματος**Σχετικιστική Δύναμη**

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = m \cdot \frac{d(\gamma \cdot \vec{v})}{dt}$$

Παρατηρώ ότι μια σταθερή δύναμη δεν προκαλεί σταθερή επιτάχυνση.

Η αύξηση της αδράνειας οφείλεται στην αύξηση της ορμής κι όχι της μάζας η οποία είναι αναλλοίωτο μέγεθος χαρακτηριστικό του σώματος.

Σχετικιστική Ενέργεια

$$K = \gamma \cdot m \cdot c^2 - m \cdot c^2 \Leftrightarrow$$

$$\gamma \cdot m \cdot c^2 = K + m \cdot c^2$$

Η ολική ενέργεια είναι : $E_{OL} = \gamma \cdot m \cdot c^2$

Η ενέργεια ηρεμίας είναι : $E_0 = m \cdot c^2$

Επομένως η **σχετικιστική κινητική ενέργεια** είναι :

$$K = (\gamma - 1) \cdot m \cdot c^2$$

Η ισοδυναμία Μάζας κι Ενέργειας

- ✓ Η μάζα περικλείει ενέργεια στην οποία μπορεί και να μετατραπεί.

$$E = m \cdot c^2$$

- ✓ Αντίστροφα η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε μάζα.
- ✓ Η αρχή αφθαρσίας της ύλης και η αρχή διατήρησης της ενέργειας ενοποιούνται στην **αρχή διατήρησης της ενέργειας**.

Σχέση Ορμής - ενέργειας

$$E^2 = (p \cdot c)^2 + (m \cdot c^2)^2$$

Για $m=0$ είναι $E = p \cdot c$

Μάζα των φωτονίων

Η σχέση $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h \cdot f}{c^2}$

δε δίνει τη μάζα των φωτονίων, αλλά τη μάζα που πρέπει να εξαΰλωθεί για να παραχθούν αυτά τα φωτόνια.

Οι τέσσερις έννοιες της μάζας

1. Αδράνεια των σωμάτων
2. Ένταση των βαρυτικών δυνάμεων
3. Την ενέργεια που περικλείει ένα σώμα
4. Την ποσότητα ύλης.

Το σχετικιστικό φαινόμενο Doppler

Π: πηγή

$$f = f_{\Pi} \cdot \frac{v \pm v_A}{v \pm v_{\Pi}}$$

A: παρατηρητής

Για τα Η/Μ κύματα επειδή έχουν ταχύτητα c ο αριθμητής δεν είναι $c \pm v_A$ αλλά c

Άρα $f = f_{\Pi} \cdot \frac{c}{c \pm v_{\Pi}}$ αν $f = \frac{c}{\lambda}$ και $f_{\Pi} = \frac{c}{\lambda_{\Pi}}$

Τότε $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{\Pi} = \pm \lambda_{\Pi} \frac{v_{\Pi}}{c}$

Όταν η πηγή απομακρύνεται ο τύπος είναι $\Delta\lambda = \lambda_{\Pi} \frac{v_{\Pi}}{c}$

Δηλαδή έχουμε αύξηση του μήκους κύματος δηλ. μετατόπιση προς το ερυθρό. (που σημαίνει διαστελλόμενο σύμπαν).

Από τη σχέση $\Delta\lambda = \lambda_{\Pi} \frac{v_{\Pi}}{c}$ μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα v_{Π} .

Πηγή μπορεί να αποτελέσει κι ένας γαλαξίας στον οποίο ανακλάται μια ακτινοβολία και επιστρέφει στη ΓΗ. Η ανακλώμενη ακτινοβολία με διαφορετικό λ_{Π} από το προσπίπτον, καθιστά πηγή της τον γαλαξία του οποίου την ταχύτητα από την $\Delta\lambda = \lambda_{\Pi} \frac{v_{\Pi}}{c}$ μπορούμε να υπολογίσουμε.

ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΟΣ

Στη Γενική θεωρία της Σχετικότητας η **βαρύτητα** δε δρα πάνω στη **μάζα** αλλά πάνω στην **ορμή**.

Ο Newton προβλέπει ακαριαία μετάδοση των δυνάμεων, ενώ ο Einstein στηρίζεται στο γεγονός ότι η ταχύτητα του φωτός είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα με την οποία μπορεί να διαδοθεί μια πληροφορία.

Βασική Αρχή της Γ.Θ.Σ.

Αρχή της ισοδυναμίας της **βαρυτικής** και της **αδρανειακής** μάζας.

Η Γ.Θ.Σ προβλέπει τρία φαινόμενα τα οποία επαληθεύτηκαν:

- ✓ Την καμπύλωση των ακτίνων του φωτός όταν διέρχονται πλησίον του Ηλίου.
- ✓ Τη μετάθεση του περιηλίου του Ερμή.
- ✓ Τη βαρυτική μετάθεση προς το ερυθρό των γραμμών του φάσματος φωτεινών πηγών, που βρίσκονται σε ισχυρά βαρυτικά πεδία.
- ✓ Η καθυστέρηση των σημάτων ραντάρ που στέλνονται σε άλλους πλανήτες

Η μετάθεση του φάσματος του Ηλίου είναι: $\Delta = \frac{G \cdot M}{R \cdot c^2}$

Μετάθεση έχουμε στη ΓΗ λόγω της διαφοράς της έντασης του βαρυτικού πεδίου σε διαφορετικά ύψη:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{g \cdot h}{c^2}$$

Γαβριήλ Κωνσταντίνος

Επιμέλεια: Γαβριήλ Κωνσταντίνος
Καθηγητής φυσικής
www.fisikis-evaselia.gr