

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διδάσκοντες: Κ. Φουντάς, Σ. Κοέν

“ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ Ι”

19 – 6 – 2012

Θέμα 1^ο:

- (α) Περιγράψτε ένα τρόπο με τον οποίο μπορούν να εξαχθούν οι μετασχηματισμοί του Lorentz από τις αρχές της ειδικής σχετικότητας ; (με λόγια, χωρίς πράξεις, συνοπτικά) . [3 μονάδες]
- (β) Αδρανειακό σύστημα O' κινείται με ταχύτητα V σε σχέση με αδρανειακό σύστημα O . Η ταχύτητα V είναι στη θετική διεύθυνση των αξόνων $x-x'$. Ο μετασχηματισμός Lorentz που μετασχηματίζει τις μεταβλητές χρόνου και χώρου από το O' στο O δίνεται από:

$$\begin{aligned} ct &= \gamma(ct' + \beta x') \\ x &= \gamma(x' + \beta ct') \\ y &= y' \\ z &= z' \end{aligned}$$

Όπου $\beta = V/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ και c η ταχύτητα του φωτός. Ας υποθέσουμε ότι τη στιγμή $t = t' = 0$ οι άξονες των δύο αδρανειακών συστημάτων συμπίπτουν και ότι τη στιγμή αυτή φωτεινή πηγή στο κέντρο του O εκπέμπει σφαιρικό κύμα το οποίο περιγράφεται από την εξίσωση

$$x^2 + y^2 + z^2 = (ct)^2$$

Δείξτε ότι στο σύστημα O' το σφαιρικό αυτό κύμα περιγράφεται από την ίδια εξίσωση, δηλαδή

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = (ct')^2$$

[4 μονάδες]

- (δ) Διατυπώστε δύο βασικές προβλέψεις της θεωρίας της ειδικής σχετικότητας του Einstein για το μήκος και το χρόνο και γράψτε τις σχέσεις που απορρέουν από αυτές. Δώστε προσοχή στον ορισμό των αδρανειακών συστημάτων και ορίστε ακριβώς σε ποιο αδρανειακό σύστημα μετράται η κάθε ποσότητα.

[3 μονάδες]

- (ε) Μιόνιο παράγεται σε ύψος $H = 10000 \text{ m}$ από σύγκρουση κοσμικών ακτίνων με άτομα της ατμόσφαιρας και έχει ενέργεια $E = 3 \text{ GeV}$. Η μάζα του μιονίου είναι $m_\mu = 106 \text{ MeV}/c^2$ και ο χρόνος ζωής του είναι $\tau = 2.2 \mu\text{sec}$.

- (1) Υπολογίστε το γ του μιονίου.

[2 μονάδες]

- (2) Υπολογίστε το β του μιονίου.

[2 μονάδες]

- (3) Παρατηρητής πάνω στη γη παρατηρεί το μιόνιο από την στιγμή που παράγεται. Σύμφωνα με τον παρατηρητή αυτό φτάνει το μιόνιο στην επιφάνεια της γης ή μεταπίπτει πριν φτάσει ;

[3 μονάδες]

- (4) Τι βλέπει παρατηρητής ο οποίος βρίσκεται πάνω στο μιόνιο ; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.

[3 μονάδες]

Θέμα 2°:

(α) Ένα ρ^0 μεσόνιο διασπάται σε δύο πιόνια

$$\rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

Υπολογίστε την ενέργεια και την ορμή των πιονίων στο αδρανειακό σύστημα του ρ^0 μεσόνιου.

Οι μάζες των σωματιδίων είναι $m_{\rho^0} = 776 \text{ MeV}/c^2$ και $m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}/c^2$.

[5 μονάδες]

(β) Το ρ^0 μεσόνιο κινείται στο εργαστήριο στην κατεύθυνση του θετικού άξονα x με ενέργεια **10 GeV**.

(1) Υπολογίστε το γ και β του ρ^0 μεσόνιου.

[5 μονάδες]

(2) Υπολογίστε την μέγιστη και ελάχιστη ενέργεια των πιονίων στο σύστημα του εργαστηρίου.

[5 μονάδες]

(3) Αν υποθέσουμε ότι ένα από τα πιόνια παράγεται με γωνία **90°** ως προς τον άξονα των x στο σύστημα του του ρ^0 . Υπολογίστε την γωνία του πιονίου στο σύστημα του εργαστηρίου.

[5 μονάδες]

Η ολική ενέργεια και ορμή σχετικιστικού σωματιδίου δίδονται από τις σχέσεις $E = \gamma mc^2$, $E = \sqrt{(pc)^2 + m^2 c^4}$ και $p = \gamma \beta mc$ όπου V είναι η ταχύτητα του σωματιδίου, $\beta = V/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ και c είναι η ταχύτητα του φωτός στο κενό.

Μετασχηματισμοί Lorentz για ενέργεια και ορμή:

Αν αδρανειακό σύστημα O' κινείται με ταχύτητα V σε σχέση με το αδρανειακό σύστημα O στη διεύθυνση των αξόνων $x-x'$, τότε ο μετασχηματισμός Lorentz που μετασχηματίζει την ολική ενέργεια και ορμή από το σύστημα O' στο σύστημα O δίνεται από τις σχέσεις:

$$E = \gamma(E' + \beta cp'_x)$$

$$cp_x = \gamma(cp'_x + \beta E')$$

$$p_y = p'_y$$

$$p_z = p'_z$$