

Προβλήματα προς λύση - III

22/06/13

Πρόβλημα 1: Υπολογίστε την κινητική ενέργεια πρωτονίου το οποίο κινείται με ταχύτητα $0.8c$. Η μάζα του πρωτονίου δίνεται από την $m_p c^2 = 938 \text{ MeV}$. (Απ. 625 MeV)

Πρόβλημα 2: Υπολογίστε την ορμή πρωτονίου με κινητική ενέργεια 200 MeV . (Απ. 644 MeV/c)

Πρόβλημα 3: Υπολογίστε την ταχύτητα πρωτονίου το οποίο έχει κινητική ενέργεια 200 MeV . (Απ. 0.566c)

Πρόβλημα 4: Ένα ηλεκτρόνιο κινείται με ταχύτητα $V=0.8c$. (α) Ποια η ορμή του; (β) Αν θέλαμε να ξέρουμε την ορμή του με σφάλμα μόνο 5% θα αρκούσε ο τύπος $p=mv$; (Απ. $0.681 \text{ MeV}/c$, όχι)

Πρόβλημα 5: Ουδέτερο πιόνιο το οποίο κινείται προς την θετική κατεύθυνση του άξονα x , διασπάται σε δύο φωτόνια. Το ένα φωτόνιο κινείται προς την θετική κατεύθυνση του άξονα x στο σύστημα του εργαστηρίου και το άλλο προς την αρνητική. Το φωτόνιο που κινείται την θετική κατεύθυνση έχει διπλάσια ενέργεια από αυτό που κινείται στην αρνητική κατεύθυνση. Αποδείξτε ότι το πιόνιο κινείται με ταχύτητα ίση με το ένα τρίτο της ταχύτητας του φωτός.

Πρόβλημα 6: Τα κβάζαρ συχνά χαρακτηρίζονται από μία 'παράμετρο ερυθρής μετατόπισης' Z που ορίζεται ως $Z = \Delta\lambda/\lambda_0$ όπου λ_0 είναι το μήκος κύματος μιας ορισμένης φασματικής γραμμής που παρατηρείται στο φως που εκπέμπεται από μία ανάλογη γήινη πηγή και $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ είναι μετατόπιση του μήκους κύματος της γραμμής αυτής που παρατηρείται στο φως ενός κβάζαρ. Δείξτε ότι αν η ερυθρή μετατόπιση του κβάζαρ είναι μια μετατόπιση Doppler, η ταχύτητα απομακρύνσεως του συνδέεται με το Z σύμφωνα με τον τύπο:

$$\frac{v}{c} = \frac{(Z+1)^2 - 1}{(Z+1)^2 + 1}$$

Πρόβλημα 7: Δύο νετρόνια A και B , κινούνται το ένα προς το άλλο. Το κάθε ένα από αυτά έχει ταχύτητα βc όπως μετράται στο σύστημα του εργαστηρίου. Δείξτε ότι η ολική ενέργεια του B νετρονίου στο αδρανειακό σύστημα αναφοράς του A είναι:

$$\frac{1+\beta^2}{1-\beta^2} M_0 c^2$$

όπου M_0 είναι η μάζα ηρεμίας του νετρονίου.

Προβλήματα προς λύση - III

Πρόβλημα 8: Ένα K^0 μεσόνιο διασπάται σε ένα θετικό π^+ και ένα αρνητικό π^- πιόνιο. Όταν το K^0 βρίσκεται σε ηρεμία τα πιόνια κινούνται με ταχύτητα $0.85c$. Αν το K^0 κινείται με ταχύτητα $0.90c$ στο σύστημα του εργαστηρίου, υπολογίστε την μέγιστη και την ελάχιστη δυνατή ταχύτητα που μπορούν να έχουν τα πιόνια στο σύστημα του εργαστηρίου.

(Απ.0.991, 0.213)

Πρόβλημα 9: Το αντι-σωματίδιο του πρωτονίου p ονομάζεται αντι-πρωτόνιο \bar{p} και ανακαλύφτηκε στο Berkeley μέσω της αντίδρασης $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$. Δηλαδή μία δέσμη πρωτονίων με κινητική ενέργεια KE συγκρούεται με ακίνητα πρωτόνια στους πυρήνες ακίνητου στόχου και στο τελικό στάδιο της αντίδρασης παράγεται ένα ζεύγος πρωτονίου-αντι-πρωτονίου μαζί με τα δύο αρχικά πρωτόνια. Υπολογίστε την KE στο κατώφλι παραγωγής του αντι-πρωτονίου. Η μάζα του πρωτονίου είναι $m_p c^2 = 938 \text{ MeV}$.

(Απ. $6 \times m_p c^2$)

Πρόβλημα 10: Ένα αντι-πρωτόνιο \bar{p} με κινητική ενέργεια $2/3 \text{ GeV}$ συγκρούεται με πρωτόνιο p το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία στο αδρανειακό σύστημα του εργαστηρίου. Τα δύο σωματίδια εξαυλώνονται σε δύο φωτόνια μέσω της αντίδρασης $\bar{p} + p \rightarrow \gamma + \gamma$. Το ένα φωτόνιο εκπέμπεται στη διεύθυνση της του αντι-πρωτονίου και το δεύτερο αντίθετα με αυτή. Τα πρωτόνια και τα αντι-πρωτόνια έχουν μάζα $m c^2 \approx 1 \text{ GeV}$.

(α) Υπολογίστε τις ενέργειες των δύο φωτονίων στο σύστημα του εργαστηρίου.

(Απ. 2 GeV , $2/3 \text{ GeV}$)

(β) Σε ποια διεύθυνση εκπέμπονται το κάθε ένα από τα δύο φωτόνια;

(Απ. 2 GeV διεύθυνση του \bar{p} , $2/3 \text{ GeV}$ αντίθετα στην διεύθυνση του \bar{p})

(γ) Ποία η ενέργεια του κάθε φωτονίου στο αδρανειακό σύστημα αναφοράς του \bar{p} .

(Απ. $2/3 \text{ GeV}$ και 2 GeV , δηλαδή οι ρόλοι αντιστρέφονται σε σχέση με το (α))

Προβλήματα προς λύση - III

Πρόβλημα 11: Ποσιτρόνιο με κινητική ενέργεια $KE = 0.51 \text{ MeV}$ συγκρούεται μη ελαστικά με ηλεκτρόνιο το οποίο πριν την σύγκρουση είναι ακίνητο. Τα δύο σωματίδια δημιουργούν έτσι ένα άτομο που ονομάζεται ποσιτρόνιουμ (positronium) το οποίο φυσικά έχει κινητική ενέργεια. Το ηλεκτρόνιο και ποσιτρόνιο που μαζί δημιουργούν το άτομο ποσιτρόνιουμ εξαϋλώνονται σε δύο φωτόνια.

(α) Υπολογίστε την ταχύτητα του ατόμου ποσιτρόνιουμ. (Απ. $c/\sqrt{3}$)

(β) Υπολογίστε τη μέγιστη ενέργεια που μπορεί να έχει ένα από τα δύο φωτόνια.

(Απ. 1.2 MeV)

Πρόβλημα 12: Αποδείξτε ότι οι δύο πιο κάτω αντιδράσεις δεν μπορούν να γίνουν

(α) Ένα φωτόνιο στο κενό μεταπίπτει σε ένα ζεύγος ηλεκτρονίου-ποσιτρονίου.

(β) Ένα γρήγορο ηλεκτρόνιο συγκρούεται με ένα ακίνητο ηλεκτρόνιο. Τα δύο σωματίδια εξαϋλώνονται και παράγουν ένα φωτόνιο.

Πρόβλημα 13: Ένα αρνητικά φορτισμένο W-μποζόνιο μεταπίπτει σε ένα μόνιο και ένα μιονικό αντι-νεutrino μέσω της αντίδρασης $w^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu$. Το αντι-νεutrino έχει σχεδόν μηδενική μάζα και οι μάζες του W και μ^- δίνονται από $M_W c^2 = 80.4 \text{ GeV}$, $m_\mu c^2 = 0.106 \text{ GeV}$.

(α) Υπολογίστε την ορμή του μιονίου και του αντι-νεutrino στο αδρανειακό σύστημα του W .
(Απ. 40.2 GeV/c)

(β) Αν η ολική ταχύτητα του W είναι 400 GeV υπολογίστε τα σχετικιστικά β και γ του W .
(Απ. 4.9751, 0.97959)

(γ) Υποθέστε ότι το μόνιο εκπέμπεται σε γωνία 45° στο σύστημα του W και υπολογίστε την ενέργεια, ορμή και γωνία με την οποία το μόνιο εκπέμπεται στο αδρανειακό σύστημα του εργαστηρίου.
(Απ. 338.53 GeV, 338.53 GeV/c, 337.34 GeV/c, 28.43 GeV/c, 4.82°)