

Ασκήσεις στην Φυσική στοιχειωδών σωματιδίων

1) Ποιες από τις πιο κάτω αντιδράσεις επιτρέπονται και ποιες όχι βάσει των αρχών διατήρησης που ισχύουν για τις ασθενείς αλληλεπιδράσεις

$$\nu_{\mu} + p \rightarrow \mu^{+} + n$$

$$K^{+} \rightarrow \pi^{0} + \mu^{+} + \nu_{\mu}$$

$$\nu_e + p \rightarrow e^{-} + n + \pi^{+}$$

$$\nu_e + p \rightarrow e^{-} + p + \pi^{+}$$

$$\Lambda \rightarrow e^{-} + \bar{\nu}_e + \pi^{+}$$

$$\tau^{+} \rightarrow \mu^{+} + \bar{\nu}_{\mu} + \nu_{\tau}$$

2) Από τις πιο κάτω αντιδράσεις προσδιορίστε ποιες μπορούν να συμβούν και ποιές όχι.

$$p + n \rightarrow p + p + n + \bar{p}$$

$$\mu^{-} \rightarrow e^{-} + \bar{\nu}_e + \nu_{\mu}$$

$$p + n \rightarrow p + p + \bar{p}$$

$$\pi^{+} \rightarrow \mu^{+} + \nu_{\mu} + \nu_e$$

$$\pi^{0} + n \rightarrow K^{+} + \Sigma^{-}$$

Ασκήσεις στην Φυσική στοιχειωδών σωματιδίων

3) Θεωρείστε την αντίδραση

$$K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$$

Η οποία συνοδεύεται από τις πιο κάτω αποδιεγέρσεις

$$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$$

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

$$\Xi^0 \rightarrow \pi^0 + \Lambda$$

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

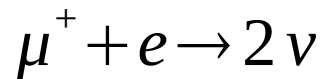
$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$$

Να προσδιοριστεί το είδος της αλληλεπίδρασης για κάθε αντίδραση

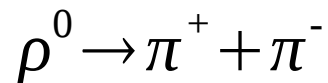
Ασκήσεις στην Φυσική στοιχειωδών σωματιδίων

4) Θεωρώντας ότι χαρακτηριστικός χρόνος αλληλεπίδρασης για τις ισχυρές αλληλεπιδράσεις είναι 10^{-23} s να υπολογίσετε την απόσταση μέσα στον πυρήνα την οποία διανύει ένα πρωτόνιο πριν αλληλεπιδράσει όταν αυτό κινείται με ταχύτητα σχεδόν ίση με την ταχύτητα του Φωτός.

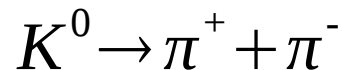
5) Μυόνια υψηλής ενέργειας συγκρούονται με ηλεκτρόνια και παράγονται δύο νετρίνα. Τι είδους νετρίνα παράγονται κατά την αντίδραση:



6) Η πιο κάτω αποδιέγερση συμβαίνει με χρόνο ημιζωής 10^{-23} s



Ενώ η αποδιέγερση του μεσονίου K^0 συμβαίνει με πολύ μεγαλύτερο χρόνο ημιζωής 10^{-10} s.



Εξηγήστε

Ασκήσεις στην Φυσική στοιχειωδών σωματιδίων

7) Θεωρήστε ότι σωματίδια μάζας m_B με ενέργεια E_B προσπίπτουν σε ακίνητα σωματίδια μάζας m_T . Προκειμένου να παραχθούν σωματίδια συνολικής μάζας M ναδειχθεί ότι η ελάχιστη κινητική ενέργεια των σωματιδίων της δέσμης πρέπει να είναι:

$$E_{min} = \frac{M^2 c^2 - m_B^2 c^2 - m_T^2 c^2}{2m_T}$$

Η ενέργεια αυτή ονομάζεται αλλιώς και **ενέργεια κατωφλίου**

8) Ένα σωματίο K^+ με ενέργεια 150 MeV αποδιεγείρεται σε δύο π^+ και ένα π^- . Από το μήκος της διαδρομής των προϊόντων της αποδιέγερσης εντός του φωτογραφικού υλικού προκύπτει ότι οι κινητικές ενέργειες για τα τρία σωματίδια που παράγονται έχουν ως εξής: $K(\pi^+) = 68.6$ MeV, $K(\pi^+) = 80.8$ MeV, $K(\pi^-) = 75.5$ MeV. Να βρεθεί η τιμή Q της αποδιέγερσης καθώς επίσης και η μάζα του καονίου (K^+)

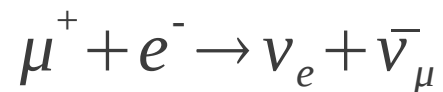
[Θεωρήστε γνωστές τις μάζες των πιονίων $m(\pi^+) = m(\pi^-) = 139.6$ MeV/c²]

Ασκήσεις στην Φυσική στοιχειωδών σωματιδίων

9) Θεωρήστε την ισχυρή αλληλεπίδραση δύο νουκλεονίων μέσω ανταλλαγής ενός μεσονίου. Με βάση την γνωστή μάζα του μεσονίου που δίνεται στο προηγούμενο πρόβλημα προσδιορίστε την χρονική κλίμακα των ισχυρών αλληλεπιδράσεων.

10) Το σωματίδιο Σ^0 βρίσκεται σε ηρεμία και αποδιεγείρεται σε ένα σωματίδιο Λ^0 και σε ένα φωτόνιο. Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας και ορμής να προσδιορίσετε την ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται.

11) Σχεδιάστε ένα διάγραμμα Feynmann 2ης τάξης και ένα 4ης τάξης για την πιο κάτω αντίδραση:



Ασκήσεις στην Φυσική στοιχειωδών σωματιδίων

13) Ποιες από τι πιο κάτω αντιδράσεις γίνονται και ποιες όχι.

$$p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

$$p \rightarrow e^+ + \gamma$$

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$$

$$p + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^+ + K^0 + n$$

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^-$$

$$\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$$

Baryons (spin 1/2)

Baryon	Quark Content	Charge	Mass	Lifetime	Principal Decays
$N \begin{cases} p \\ n \end{cases}$	uud udd	1 0	938.272 939.565	∞ 885.7	$\bar{p}e\bar{\nu}_e$
Λ	uds	0	1115.68	2.63×10^{-10}	$p\pi^-, n\pi^0$
Σ^+	uus	1	1189.37	8.02×10^{-11}	$p\pi^0, n\pi^+$
Σ^0	uds	0	1192.64	7.4×10^{-20}	$\Lambda\gamma$
Σ^-	dds	-1	1197.45	1.48×10^{-10}	$n\pi^-$
Ξ^0	uss	0	1314.8	2.90×10^{-10}	$\Lambda\pi^0$
Ξ^-	dss	-1	1321.3	1.64×10^{-10}	$\Lambda\pi^-$
Λ_c^+	udc	1	2286.5	2.00×10^{-13}	$pK\pi, \Lambda p\pi, \Sigma p\pi$

Baryons (spin 3/2)

Baryon	Quark Content	Charge	Mass	Lifetime	Principal Decays
Δ	uuu, uud, udd, ddd	2, 1, 0, -1	1232	5.6×10^{-24}	$N\pi$
Σ^*	uus, uds, dds	1, 0, -1	1385	1.8×10^{-23}	$\Lambda\pi, \Sigma\pi$
Ξ^*	uss, dss	0, -1	1533	6.9×10^{-23}	$\Xi\pi$
Ω^-	sss	-1	1672	8.2×10^{-11}	$\Lambda K^-, \Xi\pi$

Pseudoscalar Mesons (spin 0)

Meson	Quark Content	Charge	Mass	Lifetime	Principal Decays
π^\pm	$u\bar{d}, \bar{d}u$	1, -1	139.570	2.60×10^{-8}	$\mu\nu_\mu$
π^0	$(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$	0	134.977	8.4×10^{-17}	$\gamma\gamma$
K^\pm	$u\bar{s}, s\bar{u}$	1, -1	493.68	1.24×10^{-8}	$\mu\nu_\mu, \pi\pi, \pi\pi\pi$
K^0, \bar{K}^0	$d\bar{s}, s\bar{d}$	0	497.65	$\begin{cases} K_S^0: 8.95 \times 10^{-11} \\ K_L^0: 5.11 \times 10^{-8} \end{cases}$	$\pi\pi$ $\pi e\nu_e, \pi\mu\nu_\mu, \pi\pi\pi$
η	$(u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s})/\sqrt{6}$	0	547.51	5.1×10^{-19}	$\gamma\gamma, \pi\pi\pi$
η'	$(u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s})/\sqrt{3}$	0	957.78	3.2×10^{-21}	$\eta\pi\pi, \rho\gamma$
D^\pm	$c\bar{d}, \bar{d}c$	1, -1	1869.3	1.04×10^{-12}	$K\pi\pi, K\mu\nu_\mu, K e\nu_e$
D^0, \bar{D}^0	$c\bar{u}, u\bar{c}$	0	1864.5	4.1×10^{-13}	$K\pi\pi, K e\nu_e, K\mu\nu_\mu$
D_s^\pm	$c\bar{s}, s\bar{c}$	1, -1	1968.2	5.0×10^{-13}	$\eta\rho, \phi\pi\pi, \phi\rho$
B^\pm	$u\bar{b}, \bar{b}u$	1, -1	5279.0	1.6×10^{-12}	$D^*\ell\nu_\ell, D\ell\nu_\ell, D^*\pi\pi\pi$
B^0, \bar{B}^0	$d\bar{b}, \bar{b}d$	0	5279.4	1.5×10^{-12}	$D^*\ell\nu_\ell, D\ell\nu_\ell, D^*\pi\pi$

Vector Mesons (spin 1)

Meson	Quark Content	Charge	Mass	Lifetime	Principal Decays
ρ	$u\bar{d}, (u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}, \bar{d}u$	1, 0, -1	775.5	4×10^{-24}	$\pi\pi$
K^*	$u\bar{s}, \bar{d}s, s\bar{d}, s\bar{u}$	1, 0, -1	894	1×10^{-23}	$K\pi$
ω	$(u\bar{u} + d\bar{d})/\sqrt{2}$	0	782.6	8×10^{-23}	$\pi\pi\pi, \pi\gamma$
ψ	$c\bar{c}$	0	3097	7×10^{-21}	$e^+e^-, \mu^+\mu^-, 5\pi, 7\pi$
D^*	$c\bar{d}, \bar{d}c, u\bar{c}, \bar{c}u$	1, 0, -1	2008	3×10^{-21}	$D\pi, D\gamma$
Υ	$b\bar{b}$	0	9460	1×10^{-20}	$e^+e^-, \mu^+\mu^-, \tau^+\tau^-$