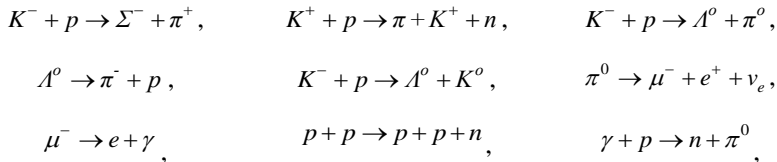


7.1 Λυμένες ασκήσεις

1. Δώστε τη σύνθεση σε κουάρκ των εξής βαρυονίων ($p, n, \Lambda^0, \Sigma^0, \Sigma^+, \Omega^-$) και των εξής μεσονίων ($\pi^0, \pi^+, K^0, K^-, J/\psi, B^-$)

Λύση: Βλ. πίνακες 7.1 και 7.2

2. Ποια από τις ακόλουθες αντιδράσεις παρατηρούνται και ποιες όχι και γιατί;



Λύση:

$K^- + p \rightarrow \Sigma^- + \pi^+$	ΝΑΙ, ισχυρή
$K^+ + p \rightarrow \pi + K^+ + n$	ΝΑΙ, ισχυρή
$K^- + p \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$	ΝΑΙ, ισχυρή
$\Lambda^0 \rightarrow \pi^- + p$	ΝΑΙ, ασθενής, $ \Delta S =1$
$K^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$	ΝΑΙ, ασθενής, $ \Delta S =1$
$\pi^0 \rightarrow \mu^- + e^+ + \nu_e$	ΟΧΙ, παραβίαση μιονικού λεπτονικού αριθμού
$\mu^- \rightarrow e + \gamma$	ΟΧΙ, παραβίαση μιονικού και ηλεκτρονικού λεπτονικού αριθμού
$p + p \rightarrow p + p + n$	ΟΧΙ, παραβίαση βαρυονικού αριθμού
$\gamma + p \rightarrow n + \pi^0$	ΟΧΙ, παραβίαση φορτίου

3. Αδρόνιο έχει σπιν=1, ηλεκτρικό φορτίο q=+1, παραδοξότητα S=0 και μάζα μικρότερη από τη μάζα του πρωτονίου. Από τι quarks ή/ και antiquarks αποτελείται;

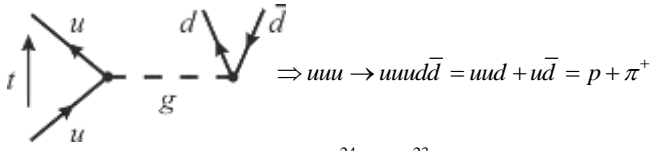
Λύση: Πρόκειται για το μεσόνιο ρ^+ που είναι μια διεγερμένη κατάσταση του ρ^+ . Η σύνθεση του είναι $u\bar{d}$ και η ενέργεια ηρεμίας του είναι 775, $4\pm 0,4$. Ανήκει στην τριάδα ρ^0, ρ^\pm .

4. Δώστε το διάγραμμα Feynman της κύριας διαδικασίας αφανισμού των εξής βαρυονίων $\Sigma^0, \Delta^{++}, \Xi^-$ και των εξής μεσονίων $\pi^0, \pi^+, \pi^-, K^0, \bar{K}^0, K^+, J/\psi$.

Μπορείτε να εκτιμήσετε το χρόνο ζωής τους;

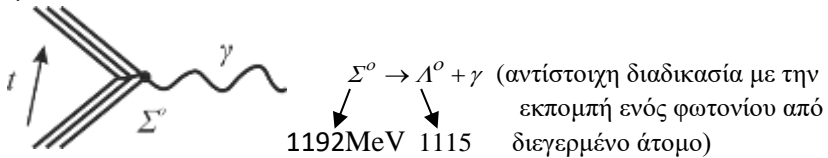
Λύση:

4α. $\Delta^{++} \equiv uuu$



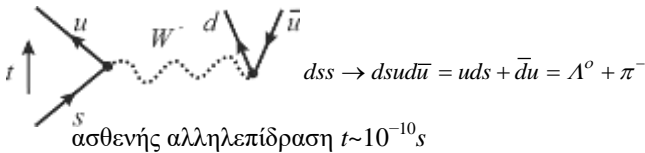
strong interaction $\Rightarrow t \sim 10^{-24} - 10^{-23} s$

4β. $\Sigma^0 \equiv uds, \Lambda^0 \equiv uds$



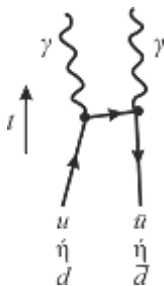
Η/Μ αλληλεπίδραση με **ένα μόνο** κόμβο $t \approx 10^{-20} s, t = 7,4 \times 10^{-20}$

4γ. $\Xi^- \equiv dss$



ασθενής αλληλεπίδραση $t \sim 10^{-10} s$

4δ. $\pi^0 \equiv \frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u} - d\bar{d})$



$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$

ΗΜ αλληλεπίδραση με **δύο** κόμβους

$t \approx 10^{-16} s$

$t \approx 8,4 \times 10^{-17} s$

4ε. $\pi^+ \equiv u\bar{d}$



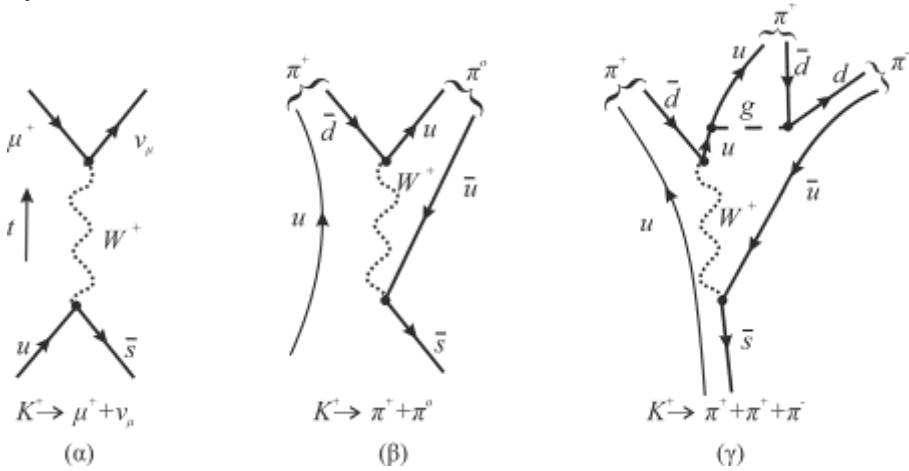
$\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$

Ασθενής με **δύο** κόμβους

$t \approx 10^{-8} s \cdot t = 2,6 \times 10^{-8} s$

4στ. $\pi^- \equiv \bar{u}d$ (ισχύουν αντίστοιχα με 4ε) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu, t \sim 10^{-8}$

4ζ. $K^+ \equiv u\bar{s}$ $1,283 \times 10^{-8} \text{s}$

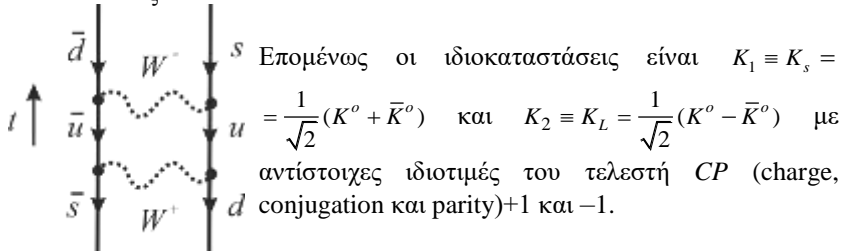


4θ.

$K^0 \equiv d\bar{s}$, $\bar{K}^0 \equiv s\bar{d}$, $K_1 \equiv K_s \rightarrow 2\pi$, βραχύβιο, $CPK_s = K_s$

$K_2 \equiv K_L \rightarrow 3\pi$, μακρόβιο, $CPK_L = -K_L$

K^0 μπορεί να αλλάξει σε \bar{K}^0 (και αντίστροφα) μέσω της ακόλουθης διαδικασίας:



Η αντίδραση $K_s \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ ή $\pi^0 + \pi^0$ διατηρεί την CP , ενώ η $K_L \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ δεν διατηρεί την CP και επομένως πρέπει ή $K_L \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ ή $\pi^\pm + e^\mp + \nu_e$

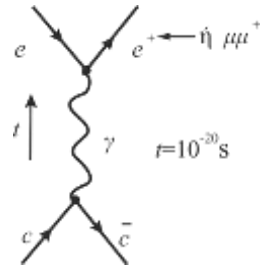
Άρα το K_L είναι πιο μακρόβιο ($t \sim 5,116 \times 10^{-8} \text{s}$) ενώ το K_s πιο βραχύβιο, $t = 8,95 \times 10^{-11} \text{s}$.

Το K_s αφανίζεται με ένα διάγραμμα ανάλογο του 4ζ(β), ενώ το K_L με ένα διάγραμμα ανάλογο του 4ζ(γ).

4ι. $J/\psi \equiv c\bar{c}$



Η ισχυρή αυτή διαδικασία αδυνατίζει λόγω του κανόνα ΟΖΙ $\delta\varepsilon=93,2\pm 2,1\text{KeV}$



5. Θεωρήστε το εξής απλό μοντέλο για το πιόνιο π^+ : Η δυναμική ενέργεια E_A μεταξύ των δύο κουάρκ που το αποτελούν είναι της μορφής $A \cdot r$ με A θετικό και r την απόστασή τους η οποία ισούται προφανώς με δύο φορές την ακτίνα R του πιονίου. Θεωρώντας ότι η κινητική ενέργεια E_K της σχετικής κίνησης των δύο κουάρκ δίνεται από το γνωστό τύπο (2.10), B/r , με $B=1,875\hbar c$, υπολογίστε την δυναμική, την κινητική και την ολική ενέργεια συναρτήσει της ακτίνας R . Χρησιμοποιώντας την εμπειρική τιμή της ολικής ενέργειας του π^+ εκτιμήστε το μέγεθος της ακτίνας του.

Λύση: Η ολική ενέργεια του π^+ στο σύστημα που το κέντρο μάζας ακινητεί είναι $E_i = Ar + (B/r)$. Ελαχιστοποιώντας ως προς r έχουμε ότι $r = \sqrt{B/A}$, $E_A = E_K = \sqrt{AB}$. Άρα η ολική ενέργεια είναι διπλάσια της κινητικής $E_i = 2E_K = (2B/r) = (B/R)$ και αντικαθιστώντας το B καθώς και την εμπειρική τιμή της ολικής ενέργειας έχουμε

$$\frac{1,875\hbar c}{R} = 139,5\text{MeV} = 5,13 \times 10^6 \text{ α.μ.}$$

$$\text{ή } R = 5 \times 10^{-5} \text{ α.μ.} = 2,6 \text{ fm}$$

7.2 Άλυτες ασκήσεις

1. Διατυπώστε μέσω στοιχειωδών διαδικασιών τις κύριες φυσικές διαδικασίες αφανισμού των βαρυονίων του Πιν. 7.1. Εξηγήστε την τάξη μεγέθους του παρατηρούμενου μέσου χρόνου ζωής.
2. Διατυπώστε μέσω στοιχειωδών διαδικασιών τις κύριες φυσικές διαδικασίες αφανισμού των μεσονίων του Πιν. 7.2. Εξηγήστε την τάξη μεγέθους του παρατηρούμενου μέσου χρόνου ζωής.