

QUARK MODEL CONTINUED

①

7.6.2012

ΙΣΟΤΟΠΙΚΟ - ΣΠΙΝ: ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ U, d QUARKS

$$u \rightarrow +\frac{1}{2}$$

$$d \rightarrow -\frac{1}{2}$$

$$p = uud \quad I_3 = \frac{1}{2}$$

$$n = udd \quad I_3 = -\frac{1}{2}$$

$$\pi^+ \quad I_3 = 1 \quad u\bar{d}$$

$$\pi^0 \quad I_3 = 0 \quad u\bar{u}, d\bar{d}$$

$$\pi^- \quad I_3 = -1 \quad \bar{u}d$$



	u	d	s	\bar{u}	\bar{d}	\bar{s}
I	1/2	1/2	0	1/2	1/2	0
I_3	+1/2	-1/2	0	-1/2	+1/2	0
S	0	0	-1	0	0	1

$$Q = I_3 + \frac{B+S}{2}$$

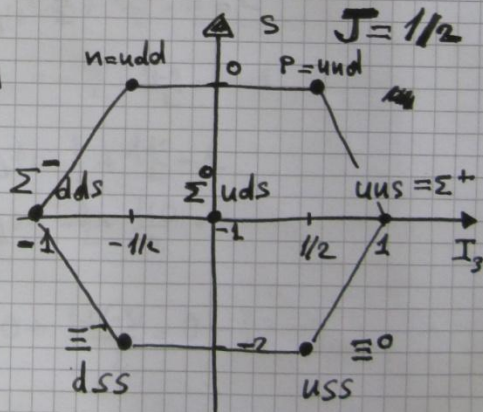
$$Q_p = +\frac{1}{2} + \frac{1+0}{2} = +1$$

$$Q_n = -\frac{1}{2} + \frac{1+0}{2} = 0$$

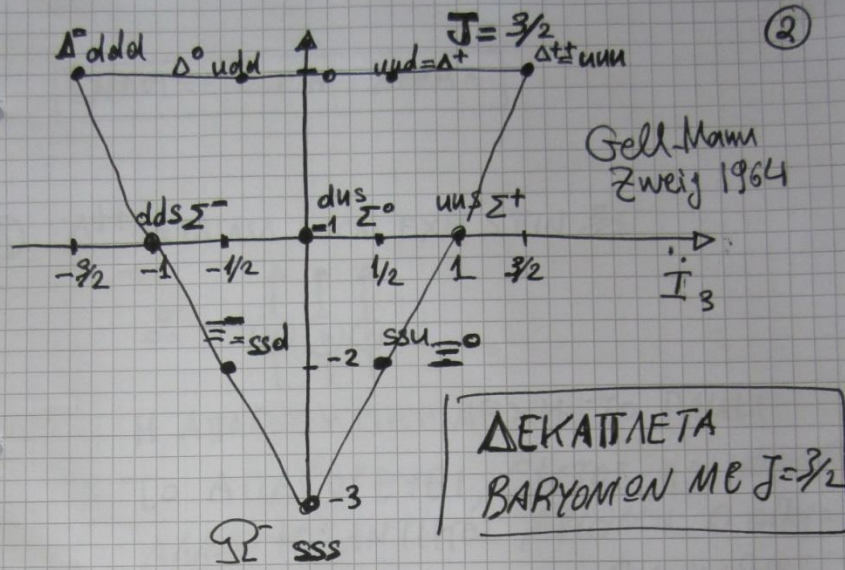
$$Q_{\pi^+} = 1 + \frac{0+0}{2} = 1$$

$$Q_{\pi^-} = -1 + \frac{0+0}{2} = -1$$

$$Q_{\pi^0} = 0 + \frac{0+0}{2} = 0$$



Η ΟΚΤΕΤΑ ΒΑΡΥΟΝΙΩΝ



	I_3
Δ^{++}	$3/2$
Δ^+	$1/2$
Δ^0	$-1/2$
Δ^-	$-3/2$

$$Q = I_3 + \frac{B+S}{2}$$

$$Q_{\Delta^{++}} = \frac{3}{2} + \frac{1+0}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

$$Q_{\Delta^+} = \frac{1}{2} + \frac{1+0}{2} = 1$$

$$Q_{\Delta^0} = -\frac{1}{2} + \frac{1+0}{2} = 0$$

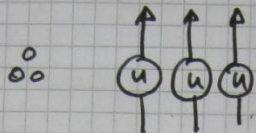
$$Q_{\Delta^-} = -\frac{3}{2} + \frac{1+0}{2} = -1$$

$$Q_{\Xi^-} = -\frac{1}{2} + \frac{1+2}{2} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = -1$$

$$Q_{\Omega^-} = 0 + \frac{1+(-3)}{2} = 0 - \frac{2}{2} = -1$$

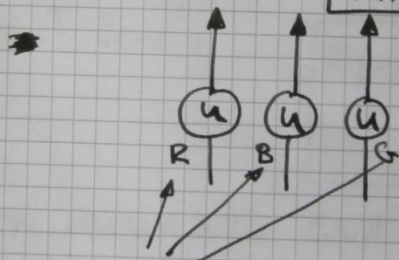
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΓΙΑ ΧΡΩΜΑ

Α) $\Delta^++ = uuu$ ΚΑΙ ΕΧΕΙ ΣΤΙΝ $\frac{3}{2}$



Η ΑΠΑΓΟΡΕΥΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΤΟ ΠΑΥΛΙ
 ΤΟ ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΙ, ΕΚΤΟΣ ΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
 ΑΛΛΟΣ ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ Ο ΟΠΟΙΟΣ
 ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ

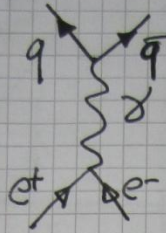
ΦΥΑΡΚΗ \Rightarrow ΕΙΣΑΓΟΥΜΕ ΝΕΟ ΚΒΑΝΤ.
 ΑΡΙΘΜΟ ΤΟ ΧΡΩΜΑ



ΧΡΩΜΑ
 R = ΚΟΚΚΙΝΟ
 B = ΜΠΛΕ
 G = ΠΡΑΣΙΝΟ

ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ \Rightarrow ΜΠΡ ΠΑΥΛΙ 😊

(B)

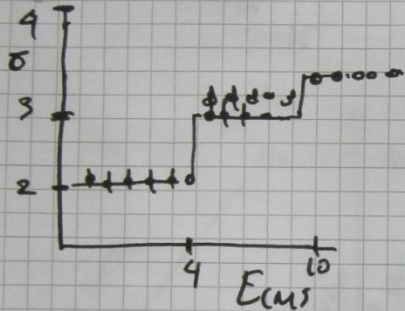


(4)

$$\sigma \approx \sum_{i=1}^6 e_i^2$$

$$u, d, s \rightarrow \left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2$$

$$= \frac{4}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9} = \frac{6}{9} = \frac{2}{3}$$



$$\sigma(u, d, s) \approx \frac{2}{3}$$

$$\sigma(u, d, s, e) \approx 2\left(\frac{2}{3}\right)^2 + 2\left(-\frac{1}{3}\right)^2$$

$$= 2\frac{4}{9} + 2\frac{1}{9} = \frac{8}{9} + \frac{2}{9}$$

$$= \frac{10}{9} \approx 1$$

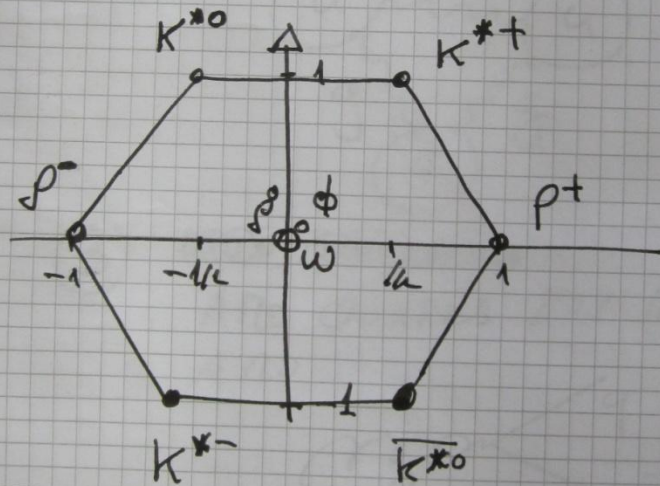
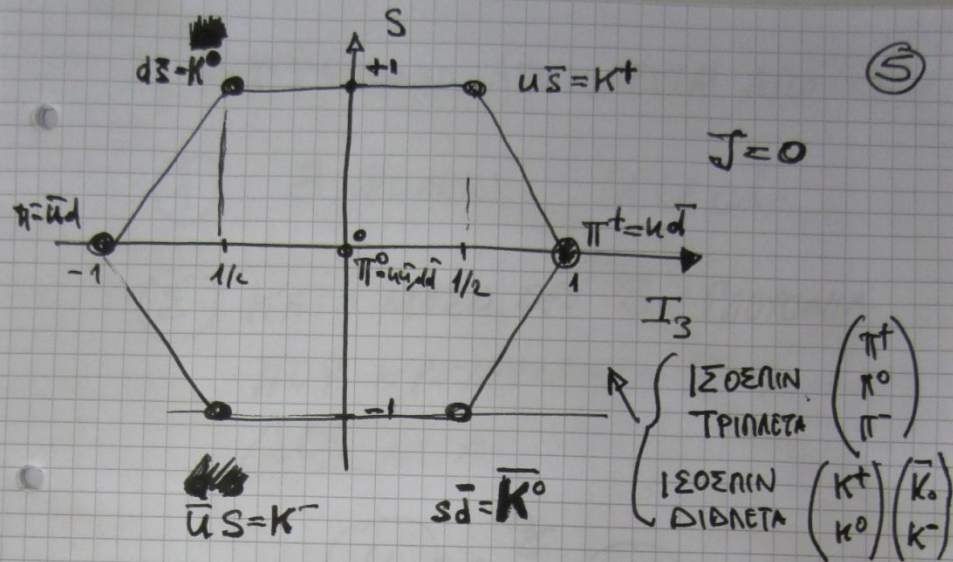
$$\sigma(u, d, s, c, b) \approx 2\left(\frac{2}{3}\right)^2 + 3\left(-\frac{1}{3}\right)^2$$

$$= 2\frac{4}{9} + 3\frac{1}{9} = \frac{11}{9}$$

ΧΡΕΙΑΖΟΜΑΣΤΕ ΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΧΣ

ΓΙΑ ΝΑ ΣΤΗΜΦΩΝΙΣΟΥΝ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ

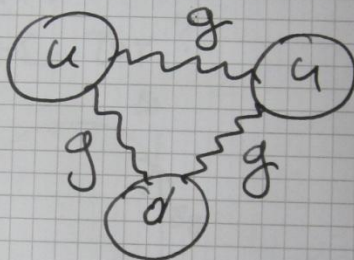
⇒ 3 ΧΡΩΜΑΤΑ



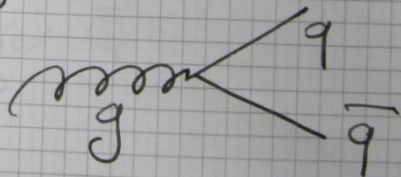
Το ΠΡΩΤΟΝΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ⑥

① 3 QUARKS uud

② ΚΑΤΑ ΜΕΣΗ ΟΡΟ 3 ΓΛΥΚΟΝΙΑ
ΠΟΥ ΚΡΑΤΟΥΝ ΤΑ 3 QUARK
ΔΕΞ ΜΙΑ



③ ~~ΠΡΩΤΟΝΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ~~
ΑΠΟ QUARKS ΤΟΥ ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ
ΑΠΟ



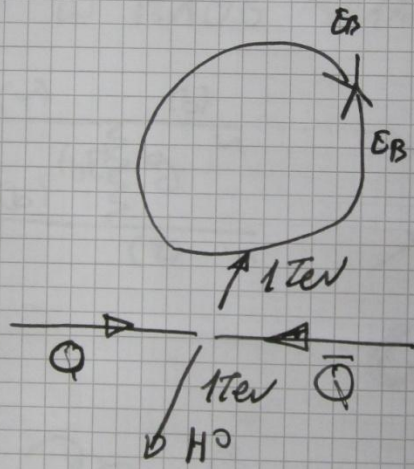
ΤΑ ΛΕΓΟΜΕΝΑ SEA-QUARKS

ΔΗΛΑΔΗ ΜΟΝΟ ΠΕΡΙΠΟΥ 50% ΜΑΖΑΣ
ΤΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΑ uud QUARKS

ΣΥΝΕΡΙΑ ΑΥΤΩΝ

(7)

ΑΣ ΥΠΟΘΕΣΟΥΜΕ ΟΤΙ ΣΧΟΛΙΑΖΟΥΜΕ
ΕΝΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗ ~~ΠΡΩΤΟ~~ ΜΕ ΣΚΟΠΟ
ΤΗΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ
HIGGS ΜΕΧΡΙ ΜΑΖΩΝ 1 TeV
ΤΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΟΙ
ΔΕΣΜΕΣ ΤΟΥ?



$$2 \text{ TeV} = \frac{1}{6} E_B$$

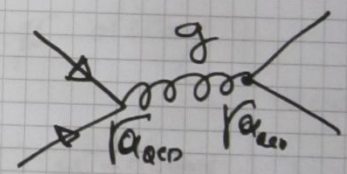
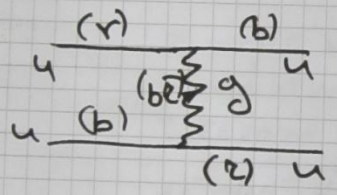
$$E_B \approx 6 \text{ TeV}$$

ΟΚ ΤΟ LHC ΕΧΕΙ ΔΕΣΜΕΣ 6.5-7 TeV
ΣΥΝΕΠΟΣ Θ ΠΡΟΧΕΙΡΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΜΑΕ
ΔΕΝ ΕΡΕΣΕ ΤΟΣΟ ΕΞΟ !!

ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΧΡΩΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ (ΠΕΡΙΛΗΨΗ)

8

- (I) ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΙ ΤΙΣ ΙΣΧΥΡΕΣ ΑΜΑΚΡΟΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΟΜΑΤΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΧΡΩΜΑ (ΔΩ, ΚΟΥΑΡΚ ΚΑΙ ΓΛΟΥΟΝΙΑ)
- (II) ΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΤΕΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΡΗΣ ΑΜΑΚΡ. ~~ΕΙΝΑΙ~~ ΕΙΝΑΙ 8 ΓΛΟΥΟΝΙΑ ΟΠΟΥ ΤΟ ΚΑΘΕ ΕΝΑ ΕΧΕΙ ΔΥΟ ΧΡΩΜΑΤΑ
- (III) ΤΟ ΚΑΘΕ ΚΟΥΑΡΚ ΕΧΕΙ ΕΝΑ ΧΡΩΜΑ



$$\alpha_{QCD} \sim 0.1$$



← ΠΙΝΕΤΑΙ ΔΙΟΤΙ ΤΑ ΓΛΟΥΟΝΙΑ ΕΧΟΥΝ ΧΡΩΜΑ

ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΑΜΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

9

Θεώρημα: Αν $A+B \rightarrow C+D$ ΓΙΝΟΤΑΙ

τότε $A+\bar{C} \rightarrow \bar{B}+D$

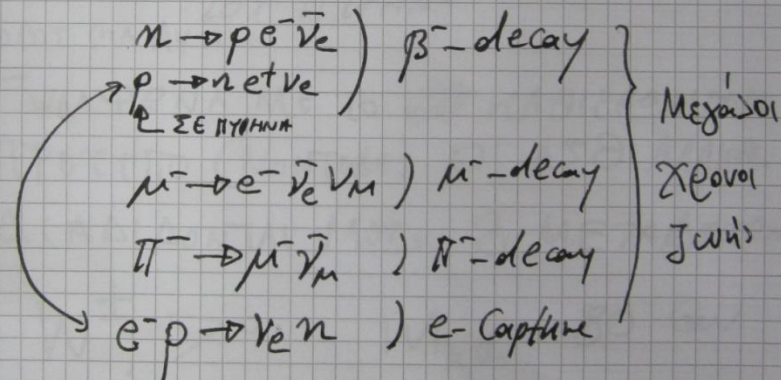
$\bar{C}+B \rightarrow \bar{A}+D$

$\bar{C}+\bar{D} \rightarrow \bar{A}+\bar{B}$

CROSSING
SYMMETRY

ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΕΠΙΣΗΣ

① Οι ασθενείς αλληλεπιδράσεις χαρακτηρίζονται από χρόνους ζωής $\tau \sim \sqrt{\frac{10^{-10} - 8^{-8} - 6^{-6}}{10^{-10} - 10^{-10} - 10^{-10}}}$



2 ΣΕ ΜΕΣΑΙΩΓΕΙΣ β± ΕΙΧΑΜΕ
ΔΕΙ ΟΤΙ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ e± ΚΥΜΑΙΝΕΤΑΙ
ΜΕ Ελ 1-5 MeV →

λ de Broglie >> ΠΥΡΗΝΑ

⇒ ΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ ΚΟΥ ΠΑΡΑΡΩΝΤΙΑ
ΣΕ ΜΟΤΑΠΤΩΣΕΙΣ β
ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Ο ΛΟΓΟΣ ΓΙΑ ΑΥΤΟ:
ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ

ΣΥΜΦΕΡΑ ΜΕ ΤΟ ΚΑΘΙΕΡΟΜΟΝΟ
ΠΡΟΤΥΠΟ (ΜΟΝΤΕΛΟ) ΟΙ ΑΣΘ. ΑΛΛΗΛ.

ΔΙΑΔΙΔΟΝΤΑΙ ΜΩΣΕ 3 ΜΕΤΑΦΕΤΕΣ

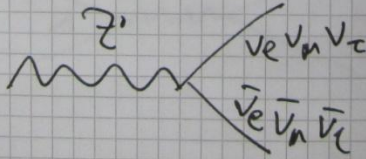
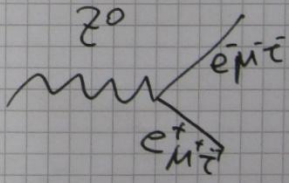
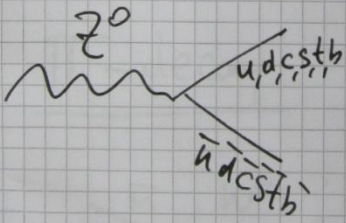
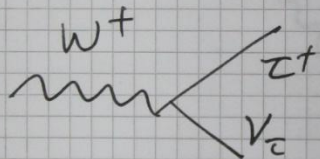
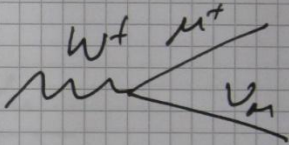
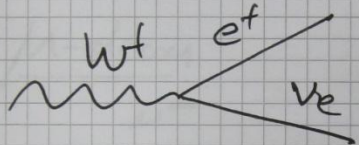
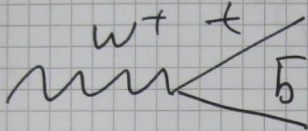
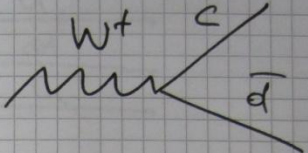
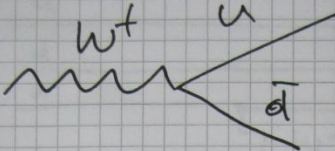
W^{\pm}, Z^0 $M_{W^{\pm}} \approx 80 \text{ GeV}$
 $M_{Z^0} \approx 91 \text{ GeV}$

$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{200 \text{ MeV fm}}{80000 \text{ MeV}} = \frac{2}{800} \text{ fm}$
 $\lambda \sim \frac{1}{4} 10^{-2} \text{ fm} = 0.25 \cdot 10^{-2} \text{ fm} = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ fm}$

ΠΑΡΑΡΩΝΤ ΜΙΚΡΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ

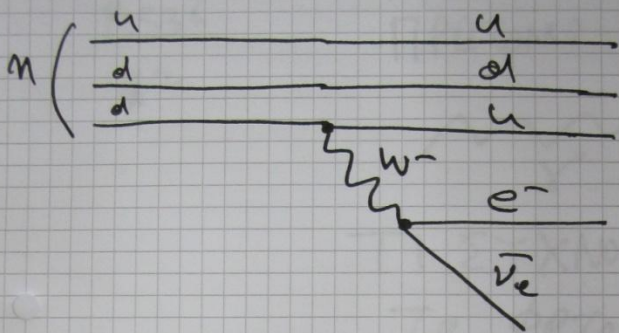
ANTIAPASΞIS ME $W^\pm Z^0$

(11)

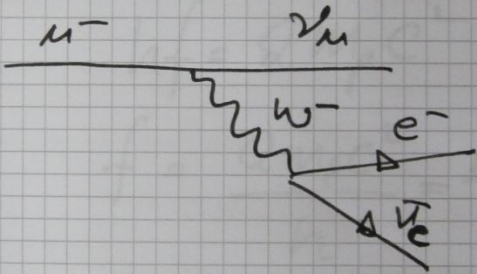


β -decay

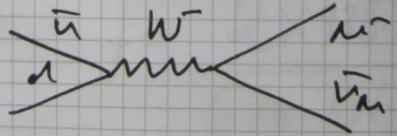
$$n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$$



μ -decay



π^- -decay



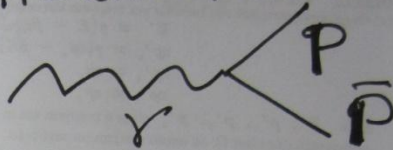
ΑΣΚΗΣΗ 1. ~~ΦΩΤΟΝΙΟ~~

13

P.536

#2

ΦΩΤΟΝΙΟ ΠΑΡΑΓΕΙ
ΠΡΩΤΟΝΙΟ - ΑΝΤΙΠΡΩΤΟΝΙΟ



ΤΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΧΕΙ
ΤΟ ΦΩΤΟΝΙΟ?

ΛΥΣΗ:

$$hf = 2m_p c^2$$

$$f = \frac{2m_p c^2}{h} = \frac{2m_p c^2 c}{2\pi h c}$$

$$f = \frac{2 \times 938.3 \text{ MeV} c}{6.28 \times 1.97 \times 10^{-16} \text{ MeV fm}}$$

$$f = \frac{2 \times 938.3 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.28 \times 1.97 \times 10^{-16} \text{ m}} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ΑΣΚΗΣΗ

(14)

$$e^- \mu^+ \rightarrow \nu \nu$$

ΤΙ ΕΙΔΟΣ ΝΟΥΤΡΙΝΑ
ΕΧΟΥΜΕ?

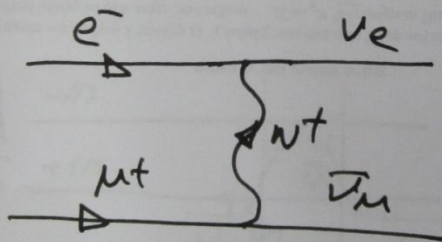
P 536 #4

ΛΥΣΗ

$$e^- \mu^+ \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_\mu$$

$$L_e \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 0$$

$$L_\mu \quad 0 \quad -1 \quad 0 \quad -1$$



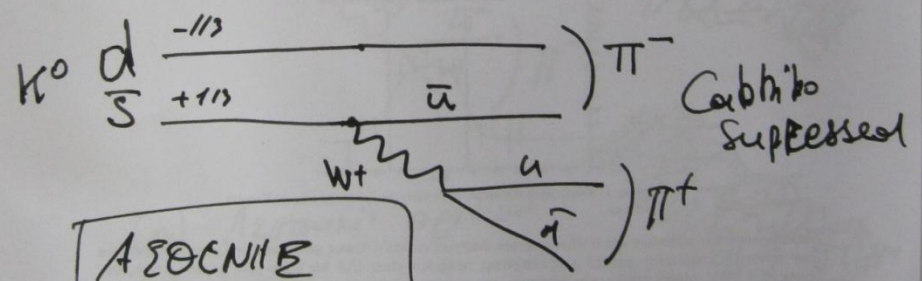
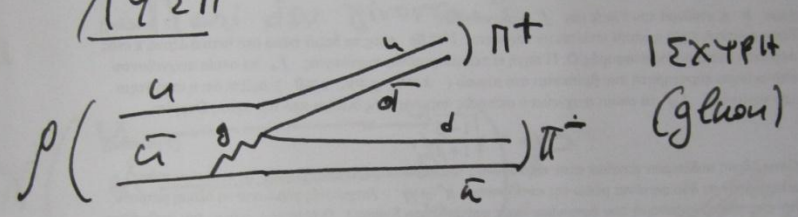
ΑΣΚΗΣΗ 1:

$\rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ (ΙΣΧΥΡΗ ΑΛΛΗΛΗ)
 $\tau = 10^{-23}$ sec

$K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$
 $\tau = 10^{-10}$ sec

Παραί? :

ΛΥΣΗ



ΑΣΘΕΝΗΣ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ
W+

ΑΣΚΗΣΗ:

P 536 #8

(16)

(a) $\mu^- \rightarrow e \bar{\nu}_\tau$

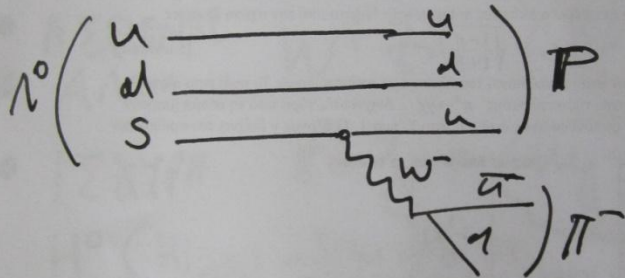
(b) $n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$

(c) $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^0$

(d) $\rho \rightarrow e^+ \pi^0$

(e) $\Xi^0 \rightarrow n \pi^0$

Ποια δεν γίνονται?



~~Handwritten scribbles~~

~~Handwritten scribbles~~

- (a) Λεπτονική αραίωση
- (β) " " "
- (γ) φορτίο
- (δ) βαρυονίων + λεπτονίων ≠
- (ε) χρωμίου, ισχυρο-αλληλεπιδράσεις
παράβλεψη παραδοξότητας

ΚΑΘΙΕΡΟΜΕΝΟ ΠΡΟΤΥΠΟ

(17)

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}}_{\text{ΛΕΠΤΟΝΙΑ}} \quad \underbrace{\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}}_{\text{ΚΩΜΑΚΗ}}$$

• Ν+Μ γ ($m=0, S=1, Q=0$)

• ΑΣΘΕΝΗΣ $W^\pm Z^0$ ($80, 91 \text{ GeV}$)

• ΑΛΛΗΜ.

• ΙΣΧΥΡΗ $8 \times g \leftarrow \begin{matrix} m_g=0, S=1, Q=0 \\ 2 \text{ χρωματ} \end{matrix}$

H^0 (Higgs \rightarrow ΔΙΝΕΙ ΜΑΖΑ ΣΤΑ ΣΤΑΣΤΑ Σωματίδια που έχουν μάζα.)

$$\tau_{\text{H}} \sim 10^{-14}$$

$$\tau_{\text{IEX}} \sim 10^{-23}$$

$$\tau_{\text{HSD}} \sim \underbrace{10^{-8} \quad 10^{-10} \quad 10^{-6}}$$