

1. Considereu les següents reaccions, que es donen a través de la interacció forta. Sabent que, per conveni, es pren $S(p) = S(n) = S(\pi) = 0$, i $S(K^+) = 1$, deduiu els valors de l'estranyesa de les altres partícules presents.

- (a) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow \Lambda (-1) + K^0 (+1)$
- (b) $\pi^0 (0) + p (0) \rightarrow \Lambda (-1) + K^+ (+1)$ (comencem per aquesta reacció deduïnt l'estranyesa de la Λ i seguim amb la primera per deduir la del mesó K^0 , a partir d'aquí es van deduïnt totes les de les altres partícules presents.)
- (c) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow \Sigma^0 (-1) + K^0 (+1)$
- (d) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow \Sigma^- (-1) + K^+ (+1)$
- (e) $\pi^+ (0) + p (0) \rightarrow \Sigma^+ (-1) + K^+ (+1)$
- (f) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow \Xi^- (-2) + K^0 (+1) + K^+ (+1)$
- (g) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow \Xi^0 (-2) + K^0 (+1) + K^0 (+1)$
- (h) $\pi^+ (0) + p (0) \rightarrow \Xi^0 (-2) + K^+ (+1) + K^+ (+1)$
- (i) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow n (0) + K^+ (+1) + K^- (-1)$
- (j) $\pi^- (0) + p (0) \rightarrow n (0) + K^0 (+1) + \bar{K}^0 (-1)$

2. Trobeu el contingut en quarks de totes les partícules que apareixen al diagrama de *L'octava via* de Gell-Mann.

Tal com vem comentar a classe, detallem només els que tenen un contingut clar sense ambigüitats. Recordeu que a nivell intern els mesons pseudoescalars tenen la mateixa composició que els vectorials, el fet de tenir noms diferents és a causa de la diferència en l'acoblament de l'espín dels quarks que els componen, donant lloc a estats energètics diferents. Una cosa semblant succeeix amb alguns barions,

- (a) $K^0 = K^{*0} \rightarrow \bar{s} d$
- (b) $K^- = K^{*-} \rightarrow \bar{u} s$
- (c) $K^+ = K^{*+} \rightarrow \bar{s} u$
- (d) $\bar{K}^0 = \bar{K}^{*0} \rightarrow \bar{d} s$
- (e) $\pi^+ = \rho^+ \rightarrow \bar{d} u$
- (f) $\pi^- = \rho^- \rightarrow \bar{u} d$
- (g) $p = \Delta^+ \rightarrow u u d$
- (h) $n = \Delta^0 \rightarrow u d d$

- (i) $\Sigma^{*-} = \Sigma^- \rightarrow d d s$
- (j) $\Lambda = \Sigma^0 = \Sigma^{*0} \rightarrow u d s$
- (k) $\Sigma^+ = \Sigma^{*+} \rightarrow u u s$
- (l) $\Xi^- = \Xi^{*-} \rightarrow d s s$
- (m) $\Xi^0 = \Xi^{*0} \rightarrow u s s$
- (n) $\Omega^- \rightarrow s s s$

3. Cadascuna de les reaccions que hi ha a continuació no és permesa. Determineu la llei de conservació que es viola en cada cas.

- (a) $p + \bar{p} \rightarrow \mu^+ + e^-$
No es conserven els nombres quàntics leptònics electrònics ni muònics.
- (b) $\pi^- + p \rightarrow p + \pi^+$
No es conserva la càrrega elèctrica.
- (c) $p + p \rightarrow p + p + n$
No es conserva el nombre bariònic.
- (d) $p + p \rightarrow p + \pi^+$
No es conserva el nombre bariònic.
- (e) $\gamma + p \rightarrow n + \pi^0$
No es conserva la càrrega elèctrica.

4. Les següents reaccions involucren neutrins o antineutrins. Afegiu els que calguin.

- (a) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$
- (b) $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
- (c) $\bar{\nu}_{e-} + p \rightarrow n + e^+$
- (d) $\nu_{e-} + n \rightarrow p + e^-$
- (e) $n \rightarrow p + \mu^- + \bar{\nu}_\mu$
- (f) $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_{e-}$

5. Considereu les reaccions següents i comproveu si es conserven els nombres quàntics rellevants. Indiqueu si la reacció és possible, i quina interacció (força, electromagnètica o feble) la produeix.

(a) $\bar{p} + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$

- i. Càrrega elèctrica: si
- ii. Nombre bariònic: si
- iii. Estranyesa: si
- iv. Nombres quàntics leptònics: - (no hi ha leptons)
- v. És possible. Interacció forta.

(b) $p + K^- \rightarrow \Sigma^+ + \pi^- + \pi^0$

- i. Càrrega elèctrica: si
- ii. Nombre bariònic: si
- iii. Estranyesa: si
- iv. Nombres quàntics leptònics: - (no hi ha leptons)
- v. És possible. Interacció forta.

(c) $p + K^- \rightarrow n + K^+ + \pi^-$

- i. Càrrega elèctrica: si
- ii. Nombre bariònic: si
- iii. Estranyesa: no
- iv. Nombres quàntics leptònics: - (no hi ha leptons)
- v. És possible. Interacció feble (no s'ha conservat l'estranyesa)

(d) $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$

- i. Càrrega elèctrica: si
- ii. Nombre bariònic: si
- iii. Estranyesa: si
- iv. Nombres quàntics leptònics: si
- v. És possible. Interacció feble (hi ha leptons)

(e) $\bar{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + \Lambda$

- i. Càrrega elèctrica: si
- ii. Nombre bariònic: si
- iii. Estranyesa: no
- iv. Nombres quàntics leptònics: si
- v. És possible. Interacció feble (no s'ha conservat l'estranyesa)

- (f) $\tau^- \rightarrow \nu_\tau + K^-$
- Càrrega elèctrica: si
 - Nombre bariònic: si
 - Estranyesa: no
 - Nombres quàntics leptònics: si
 - És possible. Interacció feble (no s'ha conservat l'estranyesa)
- (g) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
- Càrrega elèctrica: si
 - Nombre bariònic: - (no hi ha barions)
 - Estranyesa: - (no hi ha barions ni mesons)
 - Nombres quàntics leptònics: - (no hi ha leptons)
 - És possible. Interacció electromagnètica (hi ha presència de fotons)
- (h) $e^+ + e^- \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
- Càrrega elèctrica: si
 - Nombre bariònic: - (no hi ha barions)
 - Estranyesa: - (no hi ha barions ni mesons)
 - Nombres quàntics leptònics: no, (a nivell de neutrins)
 - No és possible. Haurien d'aparèixer els corresponents neutrins que fan que l'energia a banda i banda de la reacció, es conservi. (Els pions tenen més massa que l'electró i el positró).

6. Trobeu la partícula que falta en cadascuna de les reaccions següents. Com a resposta, s'ha suggerit la més senzilla si hi havia diverses possibilitats

- $p + \bar{p} \rightarrow n + \bar{n}$
- $p + p \rightarrow p + \Lambda^0 + \pi^+$
- $\pi^0 + p \rightarrow \Sigma^0 + \pi^+$
- $K^- + n \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
- $\tau^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\tau$
- $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$

7. Decidiu si cada reacció és possible i quina interacció la governa.

- $\pi^+ + p \rightarrow \Delta^{++}$ És possible. Interacció forta.

- (b) $\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$ És possible. Interacció feble (canvia l'estranyesa).
 - (c) $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$ És possible. Interacció feble (canvia l'estranyesa).
 - (d) $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$ No és possible. No es conserva el nombre quàntic leptònic electrònic.
 - (e) $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$ És possible. Interacció feble (canvia l'estranyesa).
 - (f) $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$ És possible. Interacció feble (canvia l'estranyesa).
 - (g) $\pi^+ + p \rightarrow p + p + \bar{n}$ És possible. Interacció forta.
8. Considereu els següents hadrons *encantats*. Trobeu el seu contingut en quarks sabent que no tenen estranyesa i que no contenen cap altre quark pesant.
- (a) $D^+ \rightarrow c \bar{d}$
 - (b) $D^- \rightarrow \bar{c} d$
 - (c) $D^0 \rightarrow c \bar{u}$
 - (d) $\bar{D}^0 \rightarrow \bar{c} u$
 - (e) $\Lambda_c^+ \rightarrow u d c$ (és un barió)
9. Considereu els següents hadrons amb *bellesa*. Trobeu el seu contingut en quarks sabent que no tenen estranyesa i que no contenen cap altre quark pesant.
- (a) $B^+ \rightarrow u \bar{b}$
 - (b) $B^- \rightarrow \bar{u} b$
 - (c) $B^0 \rightarrow d \bar{b}$
 - (d) $\bar{B}^0 \rightarrow \bar{d} b$
 - (e) $\Lambda_b^0 \rightarrow u d b$ (és un barió)