

Symetria SU(3)

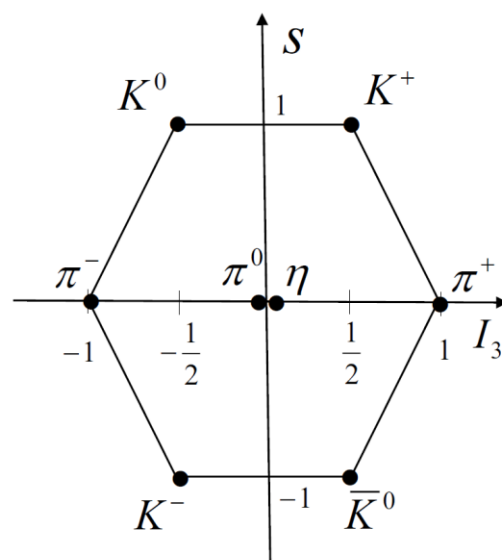
- Wprowadzenie izospinu pozwoliło zebrać hadrony w pewne niewielkie grupy – multiplety izospinowe. I tak nukleony tworzą dublet, piony tryplet, a rezonanse delta kwadrupelet. W 1961 roku Murray Gell-Mann i Yuval Ne'eman uogólnili pojęcie izospinu, symetrię SU(2) hadronów poszerzyli do symetrii SU(3), włączyli cząstki dziwne do multipletów, tworząc supermultiplety.
- Jak pamiętamy cząstki należące do multipletu izospinowego różnią się ładunkiem elektrycznym, a co za tym idzie trzecią składową izospinu, która nie odgrywa żadnej istotnej roli w oddziaływaniach silnych. Gdy multiplet poszerzymy do supermultipletu przez dołożenie odpowiednich cząstek dziwnych, członkowie supermultipletu będą się różnić między sobą nie tylko ładunkiem elektrycznym, ale i dziwnością, na którą, podobnie jak na ładunek elektryczny, oddziaływania silne mają być ślepe. Fakt, że oddziaływania silne nie rozróżniają członków multipletu oznacza symetrię SU(2) tych oddziaływań, czyli niezmiennosć przy transformacjach należących do grupy SU(2). Skoro oddziaływania silne mają być ponadto niezależne od dziwności, to, innymi słowy, żądamy symetrii SU(3).
- Jeśli oddziaływania silne mają podlegać symetrii SU(3), to hadrony mają tworzyć supermultiplety, dalej będziemy je często nazywać krótko multipletami, których istnienie zakłada, że wszyscy członkowie multipletu są niejako różnymi stanami tej samej cząstki.
- Liczebność multipletów ma odpowiadać wymiarom nieredukowalnych reprezentacji grupy SU(3). Takimi reprezentacjami są: trywialna jednowymiarowa, fundamentalna trójwymiarowa 3×3 , dołączona 8×8 , reprezentacja 10×10 , itd.
- Ze znalezieniem singletu – cząstki o $I = 0, s = 0$ – odpowiadającej trywialnej reprezentacji jednowymiarowej nie było problemu. Singletem jest np. wektorowy mezon ω (omega) .

Wykład IX cd.

Fizyka cząstek elementarnych

- Trudną kwestią było zidentyfikowanie trypletu związanego z reprezentacją fundamentalną grupy SU(3). W 1956 roku Shoichi Sakata sformułował model, w którym hadrony zbudowane są z protonu, neutronu i hiperonu lambda. Podążając za Sakatą próbowano zidentyfikować tryplet (p, n, Λ) jako multiplet odpowiadający reprezentacji fundamentalnej SU(3), ale ta próba nie była udana, bo część hadronów nie dawała się przypisać multipletom. Kwestia reprezentacji fundamentalnej pozostawała nierozwiązana, natomiast udało się zidentyfikować hadrony należące do oktetu i dekupletu odpowiadających reprezentacjom 8×8 i 10×10 .

- Izospinowy tryplet pionów – najlżejszych hadronów – rozszerzono do oktetu mezonów pseudoskalarnych 0^- , do którego należą: trzy piony π^+, π^0, π^- , cztery kaony K^0, K^+ i \bar{K}^0, K^- oraz mezon eta η^0 , wszystkie umieszczone na sześciokątnym diagramie. Na osi poziomej odłożone są wartości trzeciej składowej izospinu, a na pionowej dziwność.

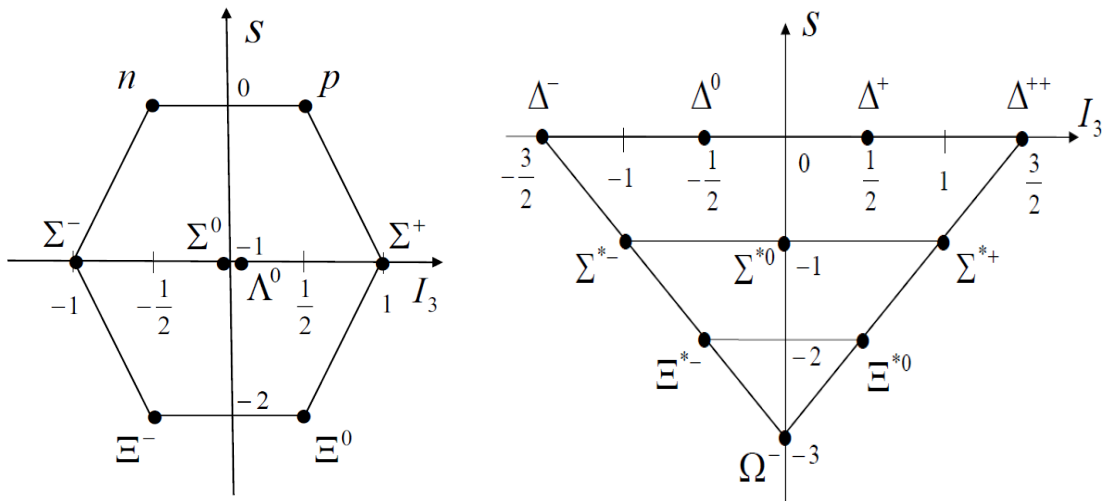


- Co ciekawe mezon η^0 został odkryty w Berkeley w 1961 roku, gdy idea symetrii SU(3) spowodowała nań zapotrzebowania.
- Zauważmy, że grupa SU(2) jest podgrupą grupy SU(3), więc symetria izotopowa jest niejako wbudowana w strukturę supermultipletu. Widzimy, że oktet mezonów pseudoskalarnych 0^- tworzy: singlet izotopowy η^0 , dwa dublety kaonów i tryplet izotopowy pionów.
- Porównując masy mezonów należących do oktetu, wynoszące ok. 140 MeV dla pionów, ok. 500 MeV dla kaonów i ok. 550 MeV dla mezonu eta, widzimy, że symetria SU(3) jest mocno naruszana, znacznie mocniej niż symetria SU(2). Różnice mas cząstek należących do multipletów izotopowych wynoszą zaledwie kilka MeV, więc można przypuszczać, że symetria SU(2) jest ścisłą symetrią oddziaływań silnych, zaś naruszają ją oddziaływania elektromagnetyczne, których wszak wyłączyć nie sposób. Duże różnice mas cząstek należących do supermultipletu, pokazują, że symetria SU(3) naruszana jest przez oddziaływania silne, jest więc jedynie symetrią przybliżoną.

Wykład IX cd.

Fizyka cząstek elementarnych

- Tak jak najlżejsze mezony tworzą oktet, najlżejsze bariony $\frac{1}{2}^+$ również tworzą oktet pokazany na lewym rysunku. Masy członków multipletu są dosyć różne i rosną z wartością dziwności. I tak masy nukleonów wynoszą ok. 940 MeV, hiperonu Λ 1115 MeV, hiperonów Σ ok. 1200 MeV, a hiperonów Ξ ok. 1320 MeV. Symetria SU(2) jest dużo dokładniejsza niż SU(3), lecz obejmuje mniejsze grupy hadronów.



- Bariony $\frac{3}{2}^+$ tworzą dekuplet, którego pełną wersję przedstawia prawy rysunek. W momencie odkrycia symetrii SU(3) nieznaną była cząstka o ładunku -1 i dziwności -3 , która Gell-Mann nazwał Ω . Masy członków multipletu rosną z absolutną wartością dziwności. I tak masy rezonansów Δ wynoszą ok. 1230 MeV, hiperonów Σ^* 1380 MeV, zaś hiperonów Ξ^* ok. 1530 MeV. Widzimy, że masa wzrasta o ok. 150 MeV, gdy dziwność zmniejsza się o 1. Masa Ω powinna więc wynosić ok. 1680 MeV.
- Odkrycie hiperonu Ω w 1964 roku w Brookhaven National Laboratory przy zastosowaniu wodorowej komory pęcherzykowej było wielkim triumfem teorii. Badano zderzenia $K^- p$ i znaleziono jeden przypadek reakcji $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^0 + K^+$. Faktycznie obserwowano produkty sekwencji trzech rozpadów:

