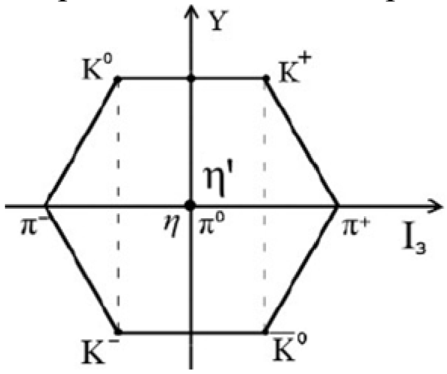
Теоретики очень любят рисовать диаграммы наподобие



.

Я считаю это плохим объяснением и позже объясню, почему.

Гелл-Манн предложил записывать ВФ мезонов и барионов в виде матрицы 3х3:

$$\begin{matrix} \Psi_1 & \Psi_2 & \Psi_3 \\ \Psi_4 & \Psi_5 & \Psi_6 \\ \Psi_7 & \Psi_8 & \Psi_9 \end{matrix}$$

На первый взгляд такая запись выглядит очень необычной. Но если задуматься, к ней можно привыкнуть. Действительно, раньше ВФ Ψ(x) была скаляром, и мы записывали её эволюцию вот таким уравнением Шрёдингера:

$$-ih\frac{\partial \Psi}{\partial x} = \widehat{H}\Psi$$

Потом добавился спин, Ψ(x) стала вектором, так что пришлось вот так:

$$-ih\frac{\partial \Psi_a}{\partial x} = \widehat{H}\Psi_a$$

Отчего бы нам не ввести ещё один индекс?

$$-ih\frac{\partial \Psi_{ab}}{\partial x} = \widehat{H}\Psi_{ab}$$

Т.е. эволюция записывается системой 9 уравнений. Разделяются они или нет – это уже зависит от вида гамильтониана.

Более интересен вопрос, как до этого додуматься. Гелл-Манн вспомнил табличку:
SU2 – 1
SU3 – 2

Давайте ещё раз посмотрим на двухкомпонентный спинор. Его компоненты симметричны:

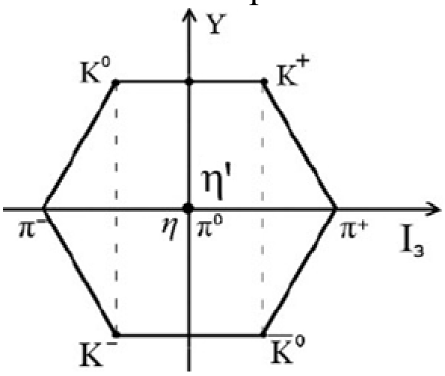
$$\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$$

Но то было SU2, где любая пара матриц Паули не коммутируют! А у нас SU3, где у нас есть коммутирующие генераторы. Значит, нам потребуется уже матрица, а не столбец, чтобы учесть эту симметрию. Важно, что в матричной ВФ компоненты должны быть равносильны (т.е. строка равносильна столбцу, как и положено в двензоре, чьи компоненты или обековариантны, или обе контрвариантны) – как раз обеспечивается симметрией пары генераторов.

Типичная матрица (для мезонов):

$$= \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}}\pi^0 + \frac{1}{\sqrt{6}}\eta & \pi^+ & K^+ \\ \pi^- & -\frac{1}{\sqrt{2}}\pi^0 + \frac{1}{\sqrt{6}}\eta & K^0 \\ K^- & \bar{K}^0 & -\frac{2}{\sqrt{6}}\eta \end{pmatrix}$$

Из-за этого как раз вытекают вот эти двумерные диаграммы:



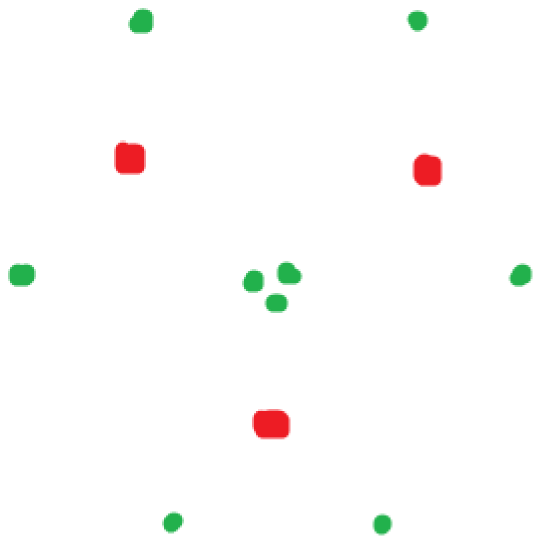
По горизонтальной оси он отложил проекцию изоспина, а по другой – т.н. гиперзаряд Y=B+S, где B – барионный заряд, S – проекция спина. Т.к. это всё мезоны, для них B=0, т.е. Y – это просто S, проекция изоспина.

Вопрос: а почему именно странность отдельно, а Y (разность u и d-кварков) отдельно? s-кварк чем-то отличается (с т.з. сильного взаимодействия!) от u и d-кварков?
Ответ: да, мы могли бы поставить по одной оси D-шность, а по другой – разность u и s-кварков. Но это просто вопрос договорённости. Точно так же в теме «спин» мы договорились, что у нас главная ось z: верхнее число в спиноре отвечает за проекцию +1/2 на z, нижнее за минус.

Кстати, в этих диаграммах лёгко попасть впросак (поэтому я и не люблю диаграммы!). Приведу пример очень правдоподобного рассуждения.

Если взять три вершины в равностороннем треугольнике

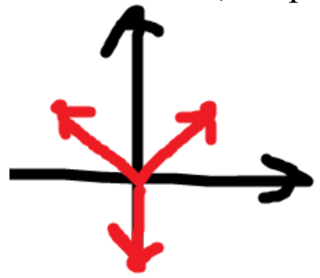
и над каждой расположить ещё по треугольнику



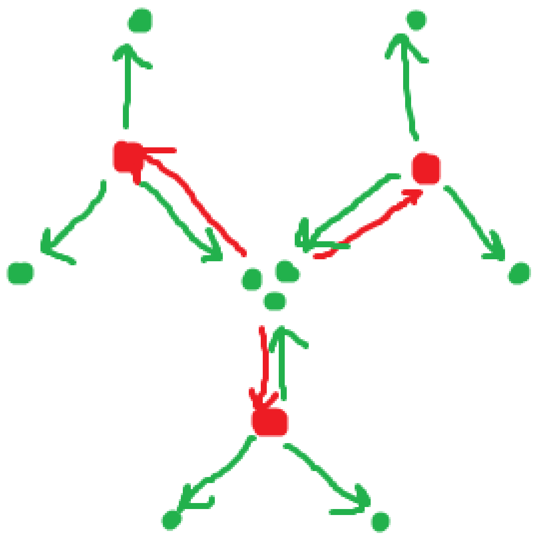
то получим нужный нам шестиугольник с тремя вершинами в центре.
Это означает, что можно предположить, что у нас эти псевдоскалярные мезоны представляют собой две частицы: кварк и анти-кварк. У каждой 3 степени свободы, три квантовых числа, которые мы назовём $\begin{matrix}u\\d\\s\end{matrix}$, и такое же у анти-кварка.

Более того, если мы примем разумное предположение, что все квантовые числа (заряд, гиперзаряд, странность) аддитивность, то мы можем вычислить таковые у кварков.

В самом деле, кваркам соответствуют такие радиус-вектора



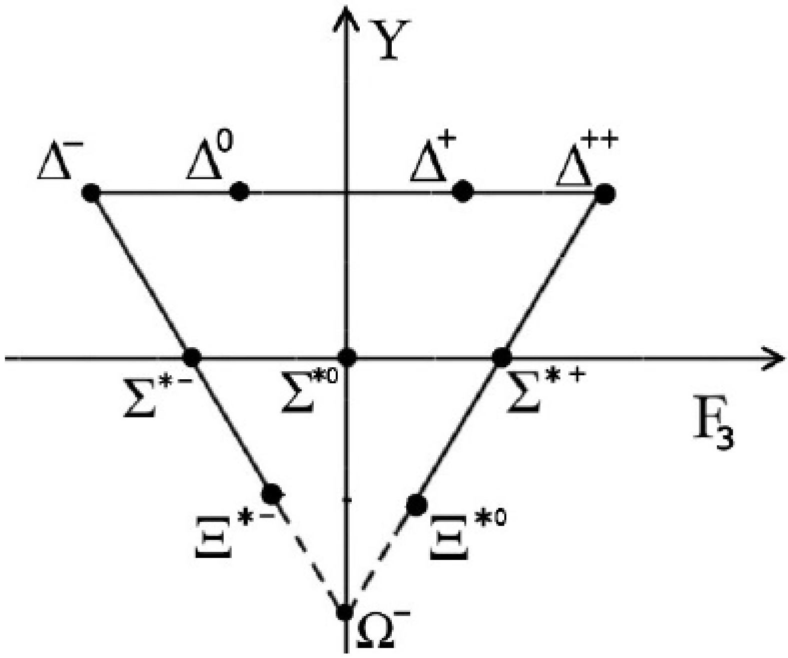
(голым кваркам – имелось в виду. В мезонах всё, как на картинке:)



Всё, получили 9 мезонов. Аналогично получим 27 барионов. Где здесь теория групп? ☺

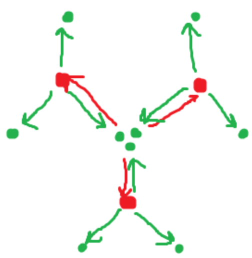
Проблема у вас возникает, т.к. барионов и u-d-s кварков <27. А ещё как вы тогда получили октет и декуплет, если у вас 9.

Кстати, о декуплете. Я натыкался на вот такое рассуждение:



Во время Гелл-Мана частица Ω^- ещё не была открыта. Построив такой треугольничек, Гелл-Манн догадался его продолжить вниз и предсказал новую частицу.

Вот это ум – «продолжить треугольничек вниз». Это Нобелевка, однозначно. На самом деле я иронизирую. Гелл-Манн – гений. Основная заслуга – это выделить этот откет и нанести его на плоскость (ещё догадаться, что нужна плоскость, а не прямая и не пространство).

Кстати, возвращаясь к рисункам вроде  . Их одномерным аналогом является сложение моментов. Ну т.е. были моменты от l_1и момент l_2. Тогда если рассмотреть декартово произведение, то минимальным $|l_1 - l_2|$, а максимальным $l_1 + l_2$.
Между прочим, сложение моментов тоже ТГ описывается, в Хаммермеше подробно есть.