

Вообще из u,d,s кварков есть как барионы, так и мезоны. Мы ограничимся барионами.

Какие у нас вообще барионы из u-d-s кварков?

10 векторных (т.е. со спином 3/2):

$\Delta^-, \Delta^0, \Delta^+, \Delta^{++}, \Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+, \Xi^-, \Xi, \Omega^-$

$$\Delta^{++} \rightarrow [u|u|u], \quad \Delta^+ \rightarrow [u|u|d]$$

$$\Delta^0 \rightarrow [u|d|d], \quad \Delta^- \rightarrow [d|d|d]$$

$$\Sigma^{*+} \rightarrow [u|u|s], \quad \Sigma^{*0} \rightarrow [u|d|s], \quad \Sigma^{*-} \rightarrow [d|d|s]$$

$$\Xi^{*0} \rightarrow [u|s|s], \quad \Xi^{*-} \rightarrow [d|s|s]$$

$$\Omega^- \rightarrow [s|s|s]$$

Частица	Символ	Кварковый состав	Масса, МэВ/c ²	Спин	S	C	B	Время жизни, с	Продукты распада	Изоспин	Проекция изоспина
Дельта-плюс-плюс-резонанс	Δ^{++}	uuu	1232	3/2	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\pi^+ + p$	3/2	+3/2
Дельта-плюс-резонанс	Δ^+	uud	1232	3/2	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\pi^+ + n$ или $\pi^0 + p$	3/2	+1/2
Дельта-нуль-резонанс	Δ^0	udd	1232	3/2	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\pi^0 + n$ или $\pi^- + p$	3/2	-1/2
Дельта-минус-резонанс	Δ^-	ddd	1232	3/2	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\pi^- + n$	3/2	-3/2
Сигма-плюс-гиперон	Σ^{*+}	uus	1382,8	3/2	-1	0	0	$1,839 \cdot 10^{-23}$	$\Lambda^0 + \pi^0$ или $\Sigma^+ + \pi^0$ или $\Sigma^0 + \pi^+$	1	+1
Сигма-нуль-гиперон	Σ^{*0}	uds	1383,7	3/2	-1	0	0	$1,83 \cdot 10^{-23}$	$\Lambda^0 + \pi^0$ или $\Sigma^+ + \pi^-$ или $\Sigma^0 + \pi^0$	1	0
Сигма-минус-гиперон	Σ^{*-}	dds	1387,2	3/2	-1	0	0	$1,671 \cdot 10^{-23}$	$\Lambda^0 + \pi^-$ или $\Sigma^0 + \pi^-$ или $\Sigma^- + \pi^0$	1	-1
Кси-нуль-гиперон	Ξ^{*0}	uss	1531,8	3/2	-2	0	0	$7,23 \cdot 10^{-23}$	$\Xi^0 + \pi^0$ или $\Xi^- + \pi^+$	1/2	+1/2
Кси-минус-гиперон	Ξ^{*-}	dss	1535,0	3/2	-2	0	0	$6,6 \cdot 10^{-23}$	$\Xi^0 + \pi^-$ или $\Xi^- + \pi^0$	1/2	-1/2
Омега-гиперон	Ω^-	sss	1672	3/2	-3	0	0	$0,82 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + K^-$ или $\Xi^0 + \pi^-$	0	0

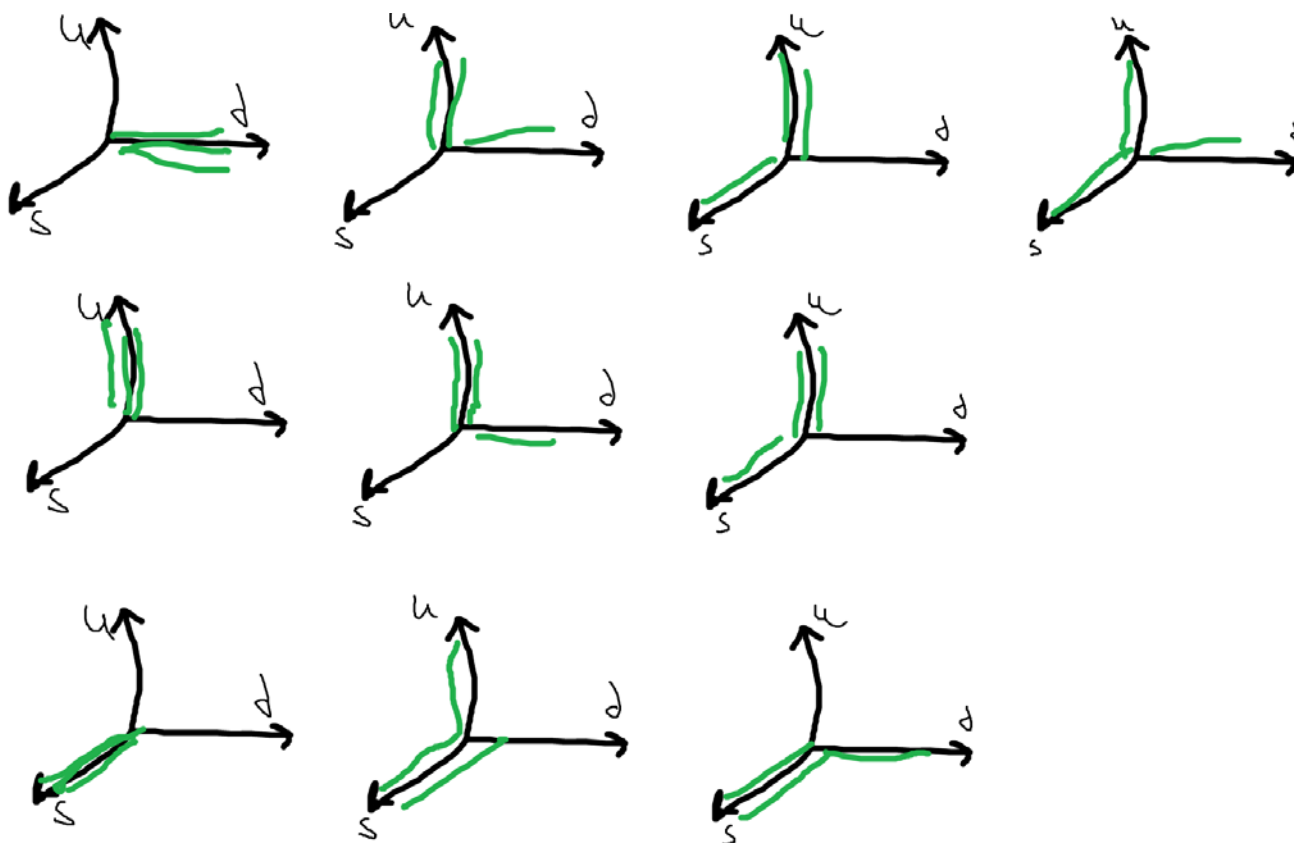
Казалось бы, элементарно выписываем их кварковый состав:

ddd, ddu, duu, uuu

sdd, sdu, suu

ssd, ssu

sss



Всё, изи, разговор закончен. Стоп, а откуда у нас тогда ещё барионы есть? Ещё 8 штук – скалярных (т.е. со спином $\frac{1}{2}$):

$$p \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline u & u \\ \hline d & \\ \hline \end{array}, \quad n \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline d & d \\ \hline u & \\ \hline \end{array}, \quad \Lambda \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline u & d \\ \hline s & \\ \hline \end{array}$$

$$\Sigma^+ \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline u & u \\ \hline s & \\ \hline \end{array}, \quad \Sigma^0 \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline d & u \\ \hline s & \\ \hline \end{array}, \quad \Sigma^- \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline d & d \\ \hline s & \\ \hline \end{array}$$

$$\Xi^0 \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline s & s \\ \hline u & \\ \hline \end{array}, \quad \Xi^- \rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline s & s \\ \hline d & \\ \hline \end{array}$$

Всего у нас 18 барионов, и в этом зоопарке мы пытаемся разобраться.

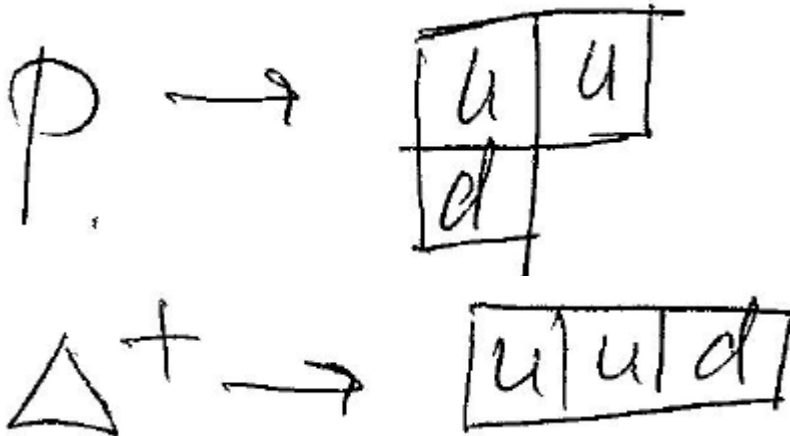
Что за квадратики?

Диаграммы Юнга. Наличие в одной строке обеспечивает симметризацию, в одном столбце – антисимметризацию.

Подробнее см.здесь <http://anti-moda.ru/kvanteor7/3.%20Многочастичные%20системы,%20ч1%20-%20Строим%20многочастичные%20ВФ%20атомов.pdf>

Почему у Δ^+ и протона одинаковый кварковый состав (uds), но это разные частицы?

Потому что сравните:



У них разные ВФ: у Δ^+ все три кварка равнозначны, у протона нет.

Кстати, это же рассуждение мгновенно отвечает на вопрос, почему у одних частиц спин $3/2$, а у других $1/2$. У тех, где три кварка симметричны, спины складываются:

$$1/2 + 1/2 + 1/2 = 3/2$$

А у тех, где антисимметричны – вычитаются.

Что такое частица с точки зрения слабого и э/м взаимодействия.

Напомним, что квантовую суперпозицию никто не отменял. ВФ частицы можно записать как

$$\Psi = \Psi(\Delta^-, \Delta^0, \Delta^+, \Delta^{++}, \Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+, \Sigma^*, \Sigma^*, \Sigma^*, \Sigma^*, \Omega^-, p, n, \Lambda, \Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+, \Xi^-, \Xi)$$

(сравни с

$$\Psi = \Psi(x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, x_3, y_3, z_3, x_4, y_4, z_4, x_5, y_5, z_5, x_6, y_6, z_6)$$

Функцию 18 комплексных переменных. Частицы, таким образом являются базисными векторами.

Наша задача – понять, почему этих базисных векторов 18 (т.е. почему размерность пространства $\Psi = 18$) и почему со спином $3/2$ их 10 штук, а со спином $1/2$ их 8 штук.