

Расскажу о роли симметрии. Сделаю я это несколькими сюжетами – чтобы вы прониклись хотя бы одним из них.

Первый сюжет:

Вот есть частица – шарик. Проведём ось x:



сдвинем ось x:



это одна и та же частица, или нет?

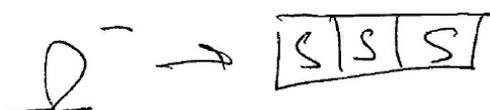
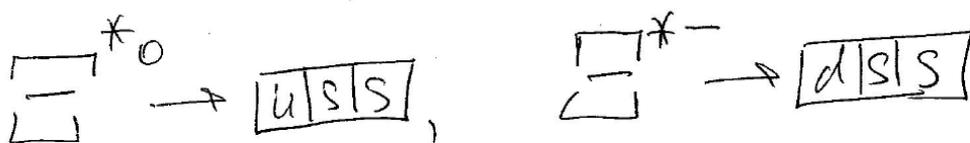
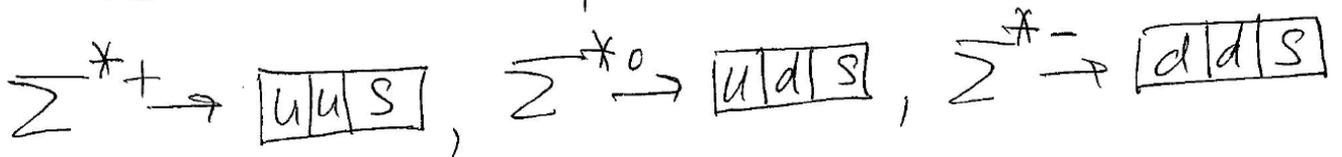
Хочется на основании житейского опыта сказать, что да.

Вот сильное взаимодействие тоже так считает, и когда мы, например, от одного скалярного мезона π^0 переходим к π^+ , говорит – одна частица, вы просто оси переставили.

Иное мнение могут иметь электромагнитное и слабое взаимодействие, для них это совершенно разные частицы могут быть. И масса у них тоже может быть разные, потому что масса кварков определяется в т.ч. электромагнитным и слабым взаимодействием.

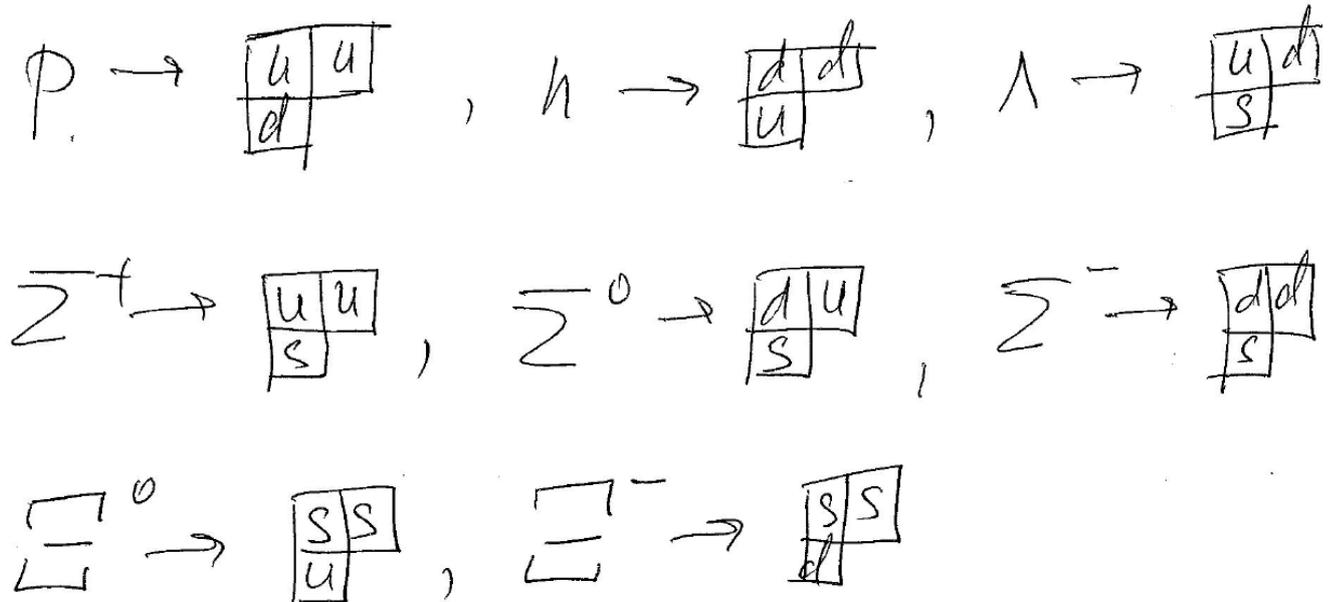
С точки зрения сильного взаимодействия барионов всего 4:

вот эти десять



объединяются в один декуплетный барион,

ВОТ ЭТИ



в октетный барион.

Второй сюжет:

Давайте начнём в SO_3 . Вот была стрелочка... а теперь две частицы, две стрелочки.



Предположим, что у нас есть какое-то взаимодействие между этими стрелочками, которое изотропно.

Тогда, хотя чтобы нам описать две стрелочки, нам потребуется 4 числа:

$$\theta_1, \varphi_1, \theta_2, \varphi_2$$

Это взаимодействие может зависеть только от одного параметра – угла α между стрелочками:

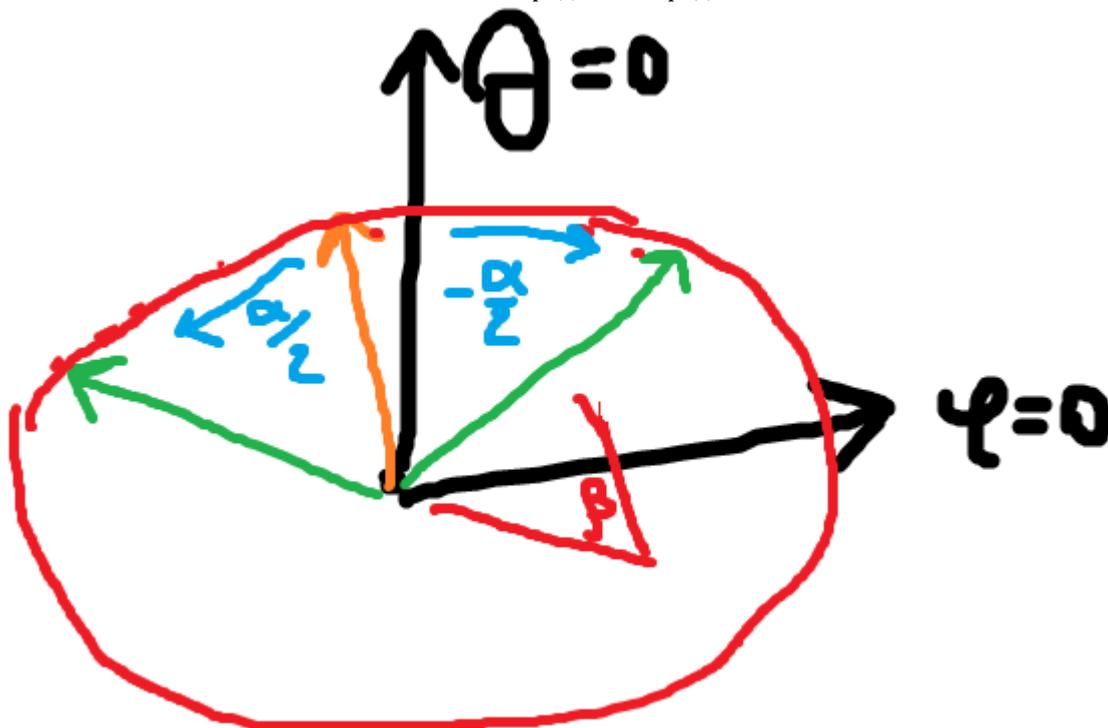


Потому что изотропность! Ведь с точки зрения такого изотропного взаимодействия имеет смысл лишь относительное расположение стрелочек.

Таким образом, мы видим, что естественный базис

$$\theta_1, \varphi_1, \theta_2, \varphi_2$$

неудачен. Лучше его переписать: $\theta_{\text{среднее}}, \varphi_{\text{среднее}}, \beta$ и α : (см. рисунок):



Угол β – угол между кругом, содержащим две исходные зелёные стрелки и плоскостью OXY , нормальной оси аппликат (где $\theta=0$).

сильное
взаимодействие

электромагнитное

слабое



12 лет



34 года

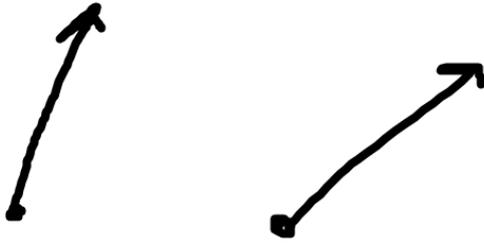


35 лет

	С какого возраста можно использовать в гамильтониане
$\theta_{\text{среднее}}$	18+
$\varphi_{\text{среднее}}$	18+

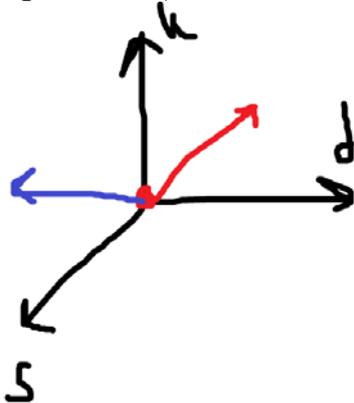
β	18+
α	0+

Третий сюжет соединяет в себе первый и второй. Перед вами две частицы:



и пространство изотропно. Разумеется, вы, сославшись на изотропность пространства, скажете, что эти частицы, хоть и направлены в разную сторону (вы даже можете померить угол между ними), по физическим свойствам должны быть одинаковы.

Так вот, и с точки зрения сильного взаимодействия в трёхмерном комплексном пространстве (понимаю, что сложно представить, но вы постарайтесь).



Все направления там одинаковы!

И все 10 векторных барионов

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

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

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

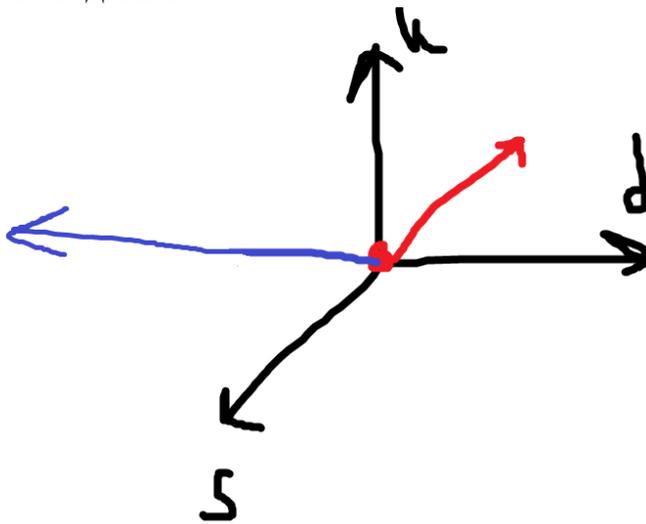
$$\Xi^{*0} \rightarrow [u|s|s], \quad \Xi^{*-} \rightarrow [d|s|s]$$

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

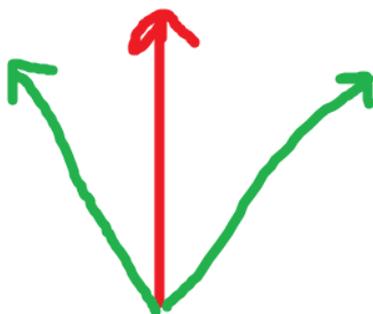
и 8 скалярных

$$\begin{aligned}
 \rho &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline u & u \\ \hline d & \\ \hline \end{array}, & \kappa &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline d & d \\ \hline u & \\ \hline \end{array}, & \Lambda &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline u & d \\ \hline s & \\ \hline \end{array} \\
 \Sigma^+ &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline u & u \\ \hline s & \\ \hline \end{array}, & \Sigma^0 &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline d & u \\ \hline s & \\ \hline \end{array}, & \Sigma^- &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline d & d \\ \hline s & \\ \hline \end{array} \\
 \Xi^0 &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline s & s \\ \hline u & \\ \hline \end{array}, & \Xi^- &\rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline s & s \\ \hline d & \\ \hline \end{array}
 \end{aligned}$$

симметричны для сильного взаимодействия. Точнее как – симметричны внутри октета и декуплета. Т.е. скалярные и векторные частицы между собой несимметричны. Условно (для иллюстрации!) это можно изобразить стрелочками разной длины:



С точки зрения сильного взаимодействия все частицы в октете должны вести себя одинаково, в частности – распадаться одинаково. Ну представим себе, что красная стрелка распалась на две зелёных:



Тогда ровно на те же две стрелки под теми же углами относительно красной должны распасться все частицы этого октета. А вот векторная частица из декуплета может иначе, чем частица из октета – тут уже симметрии нет.

Сказанное относится именно к распадам по сильному взаимодействию, потому что только оно не симметрично. Для электромагнитного взаимодействия, например, явно выделено u -направление – потому что у u -кварка заряд $2/3$, а у d и s $-1/3$. У слабого вообще все направления несимметричны.