

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Физический факультет

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Ядерная физика»

на тему:

«Гиперядра с большой странностью»

Выполнил:

студент курса 2, группы 207

Гордиенко Ярослав Александрович

Научный руководитель:

Ланской Дмитрий Евгеньевич

Москва 2020

Оглавление:

1. Введение.....	3
2. Гиперядра с большой странностью.....	5
3. Состав и структура гиперядер с большой странностью.....	7
4. Заключение.....	9
5. Список использованных источников.....	10

Введение

В современной физике наиболее изученными адронными процессами являются нуклон-нуклонные взаимодействия. Однако, нуклоны составляют только часть всех адронов, динамика взаимодействия всех остальных адронов изучена гораздо менее глубоко. Наибольший интерес представляет изучение барионов, содержащих тяжелые (с, b, t) кварки, но экспериментальное их исследование на сегодняшний день практически невозможно. Тем не менее, доступны для исследований барионы, содержащие минимум один s-кварк и состоящие, помимо них, только из u- и d-кварков - гипероны. Кварковый состав такой структуры предполагает всего четыре разновидности гиперонов, у каждого из которых будет отличная от нуля странность и нулевые очарование и прелесть.

Столкновение свободного гиперона со свободным нуклоном – крайне редкое событие [4], поэтому изучение гиперон-нуклонного взаимодействия по таким событиям представляется чрезвычайно трудным. Столкновения свободных гиперонов между собой на сегодняшний день вообще не зафиксировано [2].

Тем не менее, доступны для наблюдения гипероны, образованные непосредственно внутри ядра. Ядра, в состав которых помимо нуклонов входят гипероны, называются гиперядрами. В основном вся информация о гиперонных взаимодействиях получена именно таким способом [2].

Гиперядра обозначаются символом ${}^A_Z Y$, где Z - символ химического элемента, характеризующий заряд гиперядра, A - полное число барионов, Y - символ соответствующего гиперона (Λ , Σ , Ξ или Ω).

Гиперядра с большой странностью

Гиперядра, обладающие странностью $|S| > 2$, называются гиперядрами с большой странностью [4]. Т.к. странность s-кварка -1, можно предположить, что существует 4 «минимальных» состава гиперядра, в которых помимо нуклонов входят:

-три (Λ - или Σ -) гиперона;

-один (Λ - или Σ -) гиперон и один Ξ -гиперон;

-два Ξ -гиперона;

-один Ω -гиперон.

Однако, Σ - и Ω -гипероны, нестабильны по отношению к процессам конверсии, что делает невозможным образование гиперядер с их составом.

Поэтому гиперядра с большой странностью имеют в своем составе только Λ - и Ξ -гипероны.

Несмотря на то, что Ξ -гипероны также, как и Σ - и Ω -гипероны, подвержены конверсии, они все же способны входить в состав гиперядер. Это становится возможным благодаря тому, что энергия, выделяющаяся при конверсии Ξ -гиперона сравнительно невелика, и при заполненных нижайших Λ -гиперонных состояниях её может не хватить, чтобы образовать Λ -гиперон в высоколежащих состояниях, и конверсия $\Xi N \rightarrow \Lambda N$ оказывается запрещена принципом Паули.

Изучение гиперядер с большой странностью позволило бы обобщить ядерную физику, изучающую барионные системы из только u и d кварков, до ядерной физики систем из трех, u -, d - и s -кварков.

Состав и структура гиперядер с большой странностью

Как указано выше, устойчивые к конверсии гиперонов гиперядра могут иметь в своем составе три типа барионов: нуклоны и Λ - и Ξ -гипероны. В теории, их образование и наблюдение возможно при столкновениях релятивистских ионов [1]. Рассмотрим подробнее физику структур, состоящих из трех этих частиц.

Сразу стоит отметить, что в гиперядрах, перегруженных Λ -гиперонами, становится энергетически выгодным обратный процесс $\Lambda\Lambda \rightarrow \Xi N$, в результате чего состав стабильного по отношению к сильному взаимодействию гиперядра определяется условиями равновесия по отношению к прямой и обратной конверсии. [2]

Гиперядра, обладающие большой странностью, как и вообще любые гиперядра условно можно поделить на легкие, средние и тяжелые. В теории, в средних и тяжелых гиперядрах Ξ -гипероны присутствуют наряду с Λ -гиперонами при $|S|/B > 0.10-0.15$, где B - общее число барионов. При $|S|/B \approx 1$ возможно существование нейтральных гиперядер, в которых число протонов совпадает с числом Ξ^- -гиперонов. Такие гиперядра не подвержены, в отличие от нестранных тяжелых ядер, делению и в принципе могут быть сколь угодно тяжелыми.

Рассматривать гиперядра с большой странностью будет логичным начиная с самых легких, и заканчивая самыми тяжелыми.

Первым таким гиперядром будет гиперядро, ${}_{\Xi^0\Lambda}{}^6\text{He}$, обладающее следующими параметрами: $A = 6$ и $S = -3$. В нем пара $\Xi^0\Lambda$ теоретически способна находиться в двух состояниях, однако ни в одном из этих состояний такое гиперядро не будет устойчивым [1].

Гиперядро ${}_{\Xi^0\Xi^0}{}^6\text{He}$ с параметрами $A = 6$ и $S = -4$, содержащее в себе пару $\Xi^0\Xi^0$, является нестабильным, т.к. Ξ^0 -гипероны конвертируют с нейтронами, и при конверсии каждой пары получается два Λ -гиперона. В результате чего странность гиперядра S становится равной -1 , из-за чего оно «теряет» большую странность [1].

Следующие за ними «потенциальные» гиперядра, состоящие из семи барионов - ${}_{\Xi^0\Lambda\Lambda}{}^7\text{He}$, ${}_{\Xi^0\Lambda\Lambda}{}^7\text{Li}$. Вторая также подвержена конверсии [1], а вот частица, состоящая, помимо нуклонов из Ξ^0 - и двух Λ -гиперядер - ${}_{\Xi^0\Lambda\Lambda}{}^7\text{He}$, обладающая параметрами $A=7$ и $S = -4$, является самым легким стабильным гиперядром с большой странностью.

Убирая из рассмотрения прочие нестабильные частицы, следующим гиперядром с большой странностью может быть десятибарионная частица, состоящая из двух протонов, двух нейтронов, двух Λ -, Ξ^0 - и Ξ^- -гиперонов, представляющая из себя странный аналог альфа-частицы. Такое гиперядро имеет следующие параметры: $A = 10$, $S = -10$. Сильный распад $\Xi N \rightarrow \Lambda\Lambda$ в ней запрещен принципом Паули, а значит она должна сохранять

конверсионную стабильность. Однако такое гиперядро будет связано значительно слабее, чем обычная альфа-частица.

Предел существованию сверхтяжелых ядер кладется тем, что они начинают мгновенно делиться, а деление определяется параметром Z^2/A . В гиперядрах же с большой странностью за счет появления Ξ^0 -гиперонов этот параметр остается малым.

Также возможно даже существование нейтральных гиперядер такого типа, не подверженных делению. Стабильными будут, даже очень тяжелые гиперядра, хотя по слабому взаимодействию с изменением странности, они все же будут распадаться.

Заключение

Изучение гиперядер с большой странностью позволило бы обобщить ядерную физику, изучающую барионные системы из только u и d кварков, до ядерной физики трехбарионных систем. Также гиперядра с большой странностью гипотетически могут содержаться в ядрах нейтронных звезд.

На сегодняшний день динамика взаимодействий гиперядер с большой странностью изучена еще не так полно, как обычных нуклонных взаимодействий. Это обуславливается чрезвычайно малым количеством зафиксированных на сегодняшний день гиперядер. Но, тем не менее, работы в этой области продолжаются.

Список литературы

[1] – Jurgen Schaffner, Carl B. Dover, Avraham Gal, Carsten Greiner, D. John Millener, Horst Stoecker “Multiply Strange Nuclear Systems”

[2] – Д.Е. Ланской “Физика гиперядер” - М., УНЦ ДО, 2002

[3] – D. E. Lanskoy “Composition and properties of multi-strange hypernuclear systems” - AIP Conference Proceedings 603 (2001) 441

[4] – Emiko Hiyama, Kazuma Nakazawa ”Structure of $S = -2$ Hypernuclei and Hyperon–Hyperon Interactions”