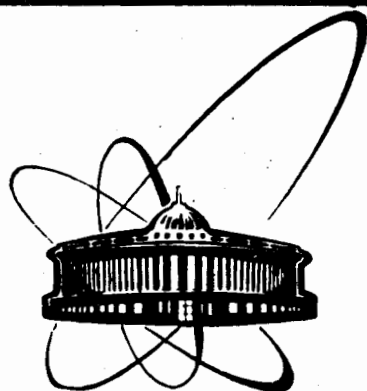


90-60



†
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б 823

P15-90-60

С.Б.Борзаков, Ю.Н.Покотилловский, И.М.Саламатин

ПОИСК КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОД УГЛОМ 180°
ПАР ГАММА-КВАНТОВ В α -РАСПАДЕ ^{239}Pu

Направлено в журнал "Ядерная физика", в Оргкомитет
XII международной конференции "Particles and Nuclei",
Cambridge, USA, 25-29 June, 1990

1990

При столкновении очень тяжелых ядер ($Z \geq 82$) при энергиях ниже кулоновского барьера в экспериментах на ускорителе UNILAC(GSI) две группы наблюдают узкие e^+ и коррелированные e^+e^- -пики с инвариантной массой ~ 1630 , ~ 1780 и ~ 1830 кэВ шириной $\sim 24 \div 40$ кэВ^{1,2/}. Положение пиков на шкале энергий (слегка отличающееся в разных публикациях) и их ширина не зависят от полного заряда сталкивающихся ядер, сечение заметно зависит от заряда ядер. Однако так как эти пики наблюдаются и при $Z < Z_c = 173$, то не видно прямой связи этих явлений со спонтанным рождением позитронов в сверхкритическом кулоновском потенциале. Кроме имеющих место e^+e^- -пиков в эксперименте^{3/} в столкновениях $U+Th$ наблюдался коррелированный при угле разлета 180° $\gamma\gamma$ -пик при суммарной энергии 1062 кэВ с шириной 2,5 кэВ. Однако в более поздней публикации этой группы^{4/} сообщается, что этот пик может быть связан с излучением из высокоспиновых состояний рассеянных ядер ^{238}U .

Если в экспериментальной достоверности перечисленных явлений сейчас нет сомнений, то достаточно правдоподобная их интерпретация пока отсутствует. Предпринят ряд попыток дать объяснение этим экспериментальным результатам. Наиболее раннее объяснение - как распад новой легкой нейтральной частицы - скалярной или псевдоскалярной - аксиона - маловероятно, во-первых, из-за наличия нескольких e^+e^- -пиков, а во-вторых - из-за безуспешных поисков таких частиц в ядерных реакциях и в экспериментах типа beam-dump^{5/}.

Гипотезы, использующие чисто электромагнитное взаимодействие^{6,7/}, объясняют наблюдаемые пики интерференцией между различными процессами рождения позитронов. Однако расчеты здесь чрезвычайно сложны, и все оценки делались на простейших моделях.

Отметим также предсказание^{8/} богатого спектра квазистационарных уровней, полученное в решении релятивистской кулоновской задачи двух тел на основе квазипотенциального подхода в модели взаимодействия скалярных частиц.

Наиболее смелое предположение сделано несколькими группами о формировании в сильных электромагнитных полях в области взаимодействия тяжелых ядер новой фазы квантовой электродинамики^{9-12/}. По этой гипотезе коррелированные e^+e^- и $\gamma\gamma$ -пары обусловлены распадом аналогичного позитронию связанного e^+e^-



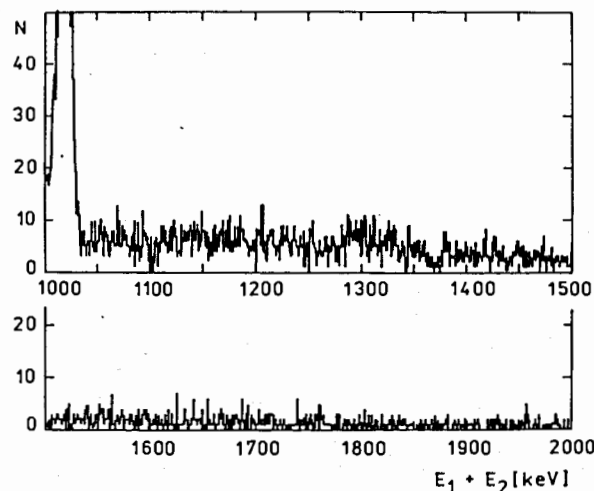


Рис. Спектр, полученный из двумерного распределения амплитуд совпадающих по времени импульсов в Ge(Li)-детекторах в соответствии с условием $|E_1 - E_2| \leq 10$ кэВ, $E_1 + E_2 = E$.

состояния, образованного в этой новой фазе с константой взаимодействия ~ 1 . Прочных теоретических оснований для этой гипотезы в настоящее

время, видимо, не существует, однако проблема интенсивно разрабатывается. Предполагается, что новая фаза метастабильна: пузырьки этой фазы, образовавшись в результате действия сильного электромагнитного поля сталкивающихся ядер, живет в течение времени, много большего, чем характерное время соударения ($\sim 10^{-21}$ с), после исчезновения поля. Высказываются и иные предположения: что зародыши новой фазы могут существовать вблизи тяжелых ядер и до столкновения 13,14 , последнее служит спусковым механизмом для распада зародыша на e^+e^- или аннигиляции в $\gamma\gamma$ -пару. Если допустить, что имеет место такое явление, то спусковым механизмом может быть не только столкновение с тяжелым ядром, но и распад ядра с изменением заряда. Например, в публикации 14 в качестве такового процесса рассматривается β -распад тяжелого ядра. В эксперименте 15 произведен поиск $\gamma\gamma$ -коррелированных пар в процессе деления ^{252}Cf . Установленный предел - вероятность появления частицы с массой в диапазоне 1,4-2 МэВ, распадающейся в $\gamma\gamma$ -пару, - меньше 8×10^{-7} . Кроме того, представляется интересным, отвлекаясь от конкретных гипотез, экспериментально проверить, не существует ли явлений, подобных тем, которые наблюдаются в столкновении тяжелых ядер в других процессах с резким изменением электромагнитного поля вблизи ядра. В данной работе проведен поиск коррелированных при угле вылета 180° $\gamma\gamma$ -совпадений при α -распаде ^{239}Pu .

Образец из металлического ^{239}Pu размером $\phi 47 \times 3$ мм внутри оболочки толщиной 2 мм из свинца для поглощения мягкого γ -излучения и свинцового коллиматора $\phi 15$ мм располагался между двумя Ge(Li)-детекторами на расстоянии ~ 7 см от каждого. Ка-

либровка по эффективности регистрации γ -квантов в пике полного поглощения и по энергии производилась с помощью стандартных γ -источников. Поглощение γ -квантов в плутонии и в оболочке учитывалось расчетом. На двумерном спектре совпадающих импульсов $[E_1, E_2]$ (разрешающее время схемы совпадений 0,1 мкс) исследовалась с учетом энергетического разрешения спектрометра диагональ $E_1 = E_2$. На рисунке представлена свертка, полученная из двумерного распределения амплитуд импульсов в соответствии с условием: $|E_1 - E_2| \leq 10$ кэВ, $E_1 + E_2 = E$. На спектре виден размытый пик при энергии $E = 1022$ кэВ от аннигиляции позитронов и отсутствие каких-либо иных особенностей во всем интервале энергий $1 \text{ МэВ} < E < 2 \text{ МэВ}$. Обработка этого спектра с учетом мощности α -источника, эффективности системы и времени измерения (~ 120 часов) дает верхний предел на рождение объекта, распадающегося на $\gamma\gamma$ -пару, равный $1,2 \times 10^{-11}$ для $E_{\gamma\gamma} \sim 1 \text{ МэВ}$ с монотонным уменьшением до $0,3 \times 10^{-11}$ для $E_{\gamma\gamma} \sim 2 \text{ МэВ}$ (95%-й уровень достоверности).

ЛИТЕРАТУРА

1. Cowan T. et al. - Phys.Rev.Lett., 1986, 56, p.444; Bokemeyer H. - Report GSI-88-1, p.173.
2. Kienle P. - Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., 1986, 36, p.605. Koenig W. et al. - Phys.Lett., 1989, B218, p.12.
3. Danzmann K. et al. - Phys. Rev.Lett., 1987, 59, p.1885.
4. Danzmann K. et al. - Phys. Rev. Lett., 1989, 62, p.2353.
5. Chodos A. - Comm. Nucl., Part. Sci., 1987, 17, p.211.
6. Lichten W., Robatini A. - Phys. Rev. Lett., 1985, 54, p.781; 55, p.135. de Reus T. et al. - J.Phys., 1986, G12, p.L303; Bang J.H. et al. - Z.Phys., 1988, A330, p.431.
7. Schramm S. et al. - Z-Phys., 1986, A323, p.275. Демков Ю.Н., Овчинников С.Ю. - Письма в ЖЭТФ, 1987, 46, с.14; Carrier D., Krauss L.M. - Phys. Rev., 1988, C38, p.1225. Лобанов А.Е. - Письма в ЖЭТФ, 1989, 50, с.161.
8. Арбузов Б.А. и др. - Препринт НИИЯФ МГУ 89-1/78, М., 1989.
9. Celenza L.S. et al. - Phys.Rev. Lett., 1986, 57, p.55; Phys.Rev., 1987, D36, p.2144.
10. Miller B. et al. - J. Phys., 1986, G12, p.L109.
11. Caldi D.G., Chodos A. - Phys. Rev., 1987, D36, p.2876.
12. Ng Y.J., Kikuchi Y. - Phys.Rev., 1987, D36, p.2880.
13. Caldi D.G. et al. - Phys. Rev., 1989, D39, p.1432.
14. Inoue M. et al. - Preprint of Hiroshima Univ. HUPD-8809 (1988).
15. Valley B.J. et al. - Z.Phys., 1989, A333, p.313.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 января 1989 года.