



ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Эффект чередования форм в нейтронно-дефицитных изотопах ртути

nature
physics

LETTERS

<https://doi.org/10.1038/s41567-018-0292-8>

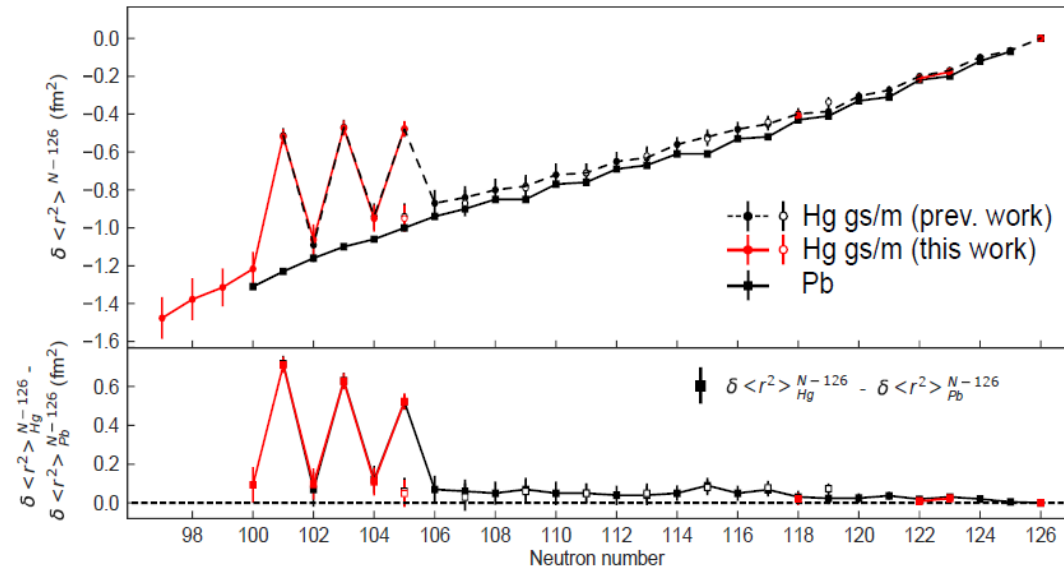
Characterization of the shape-staggering effect in mercury nuclei

B. A. Marsh^{1*}, T. Day Goodacre^{1,2,18}, S. Sels^{3,18}, Y. Tsunoda⁴, B. Andel⁵, A. N. Andreyev^{6,7}, N. A. Althubiti², D. Atanasov⁸, A. E. Barzakh⁹, J. Billowes², K. Blaum⁸, T. E. Cocolios^{2,3}, J. G. Cubiss⁶, J. Dobaczewski⁸, G. J. Farooq-Smith^{2,3}, D. V. Fedorov⁹, V. N. Fedosseev¹, K. T. Flanagan², L. P. Gaffney^{3,10}, L. Ghys², M. Huyse³, S. Kreim⁸, D. Lunney¹¹, K. M. Lynch¹, V. Manea⁸, Y. Martinez Palenzuela², P. L. Molkanov⁹, T. Otsuka^{3,4,12,13,14}, A. Pastore⁶, M. Rosenbusch^{13,15}, R. E. Rossel¹, S. Rothe¹², L. Schweikhard¹⁵, M. D. Seliverstov⁹, P. Spagnoletti¹⁰, C. Van Beveren², P. Van Duppen², M. Veinhard¹, E. Verstraelen³, A. Welker¹⁶, K. Wendt¹⁷, F. Wienholtz¹⁵, R. N. Wolf³, A. Zadornaya³ and K. Zuber¹⁶

In rare cases, the removal of a single proton (Z) or neutron (N) from an atomic nucleus leads to a dramatic shape change. the minimum-energy configuration of the nucleus to deformation. Consequently, the ground states of most isotopes in the nuclear

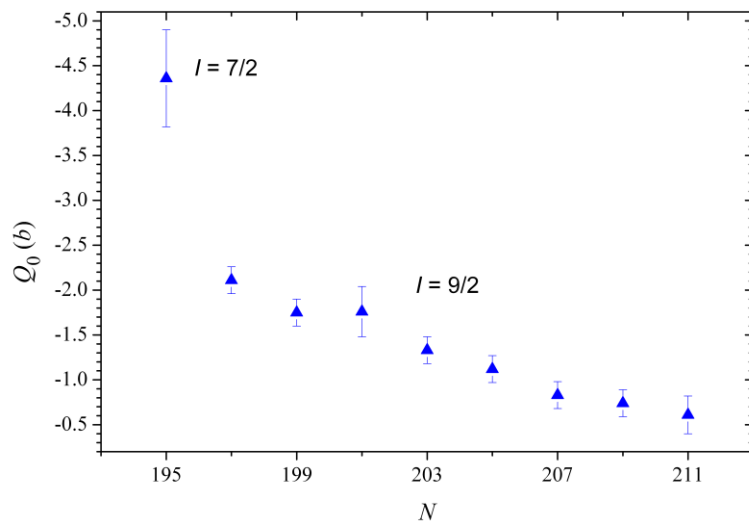
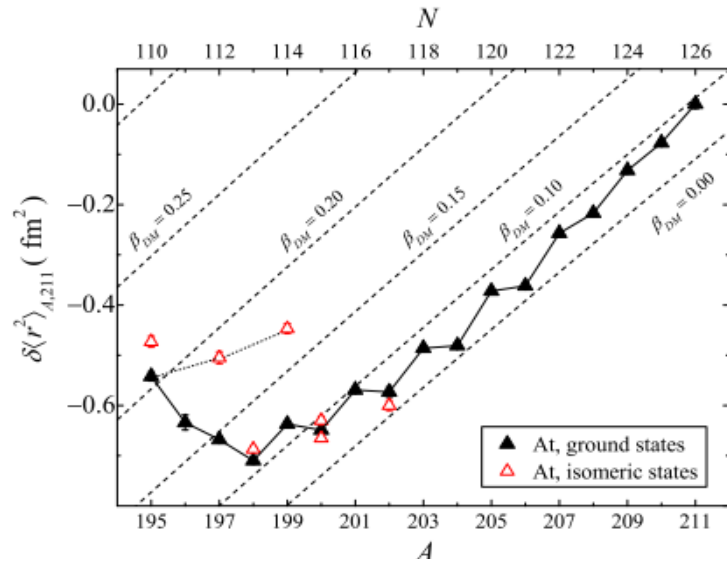
Измерение изменений среднеквадратичных зарядовых радиусов и электромагнитных моментов для $^{177-185}\text{Hg}$ на установке ISOLDE (CERN) позволило установить, что эффект чередования формы (близкая к сферической для четных изотопов и сильно деформированная для нечетных) наблюдается только при числе нейтронов $100 < N < 106$.

Теоретический анализ данного эффекта в рамках наиболее продвинутых оболочечных расчетов методом Монте-Карло (диагонализация матрицы размерностью $\sim 10^{41}$) позволил предложить уточненный механизм эволюции формы ядра.



Marsh, B. A. et al., *Nat. Phys.* <https://doi.org/10.1038/s41567-018-0292-8> (2018).

Сосуществование форм в ядрах астата



Обнаружены значительные различия величин зарядовых радиусов для основных и изомерных («внедренных»), $I^\pi = 1/2^+$) состояний ядер $^{197,199}\text{At}$, что свидетельствует о сосуществовании форм в этих ядрах.

Рост радиусов изотопов At при уменьшении числа нейтронов при $A < 198$ свидетельствует о плавном росте деформации этих ядер. При этом, в отличие от ядер полония с тем же числом нейтронов, где впервые был обнаружен аналогичный рост, ядро $^{195}\text{At}^m$ ($N = 110$) можно считать сильно деформированным исходя из измеренных значений его квадрупольного и магнитного моментов (для ядер Po с $113 < N < 108$ характерно смешивание сферических и деформированных конфигураций).

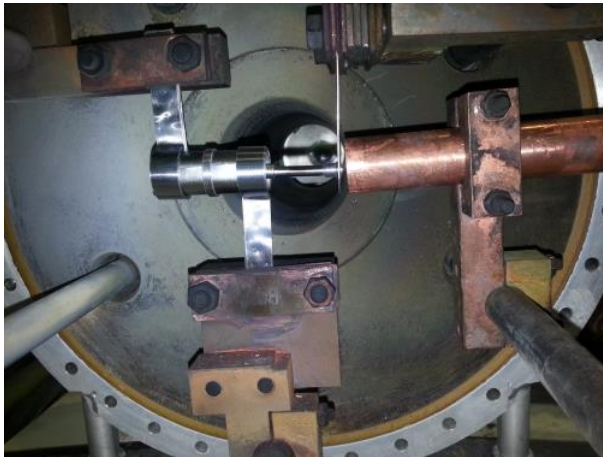
О резком изменении структуры ядер At при переходе к $N = 110$ ($A = 195$) свидетельствует также скачок величины квадрупольного момента при этом значении N (см. рис. 2)

J. G. Cubiss *et al.*, Phys. Rev. C **97**, 054327 (2018).

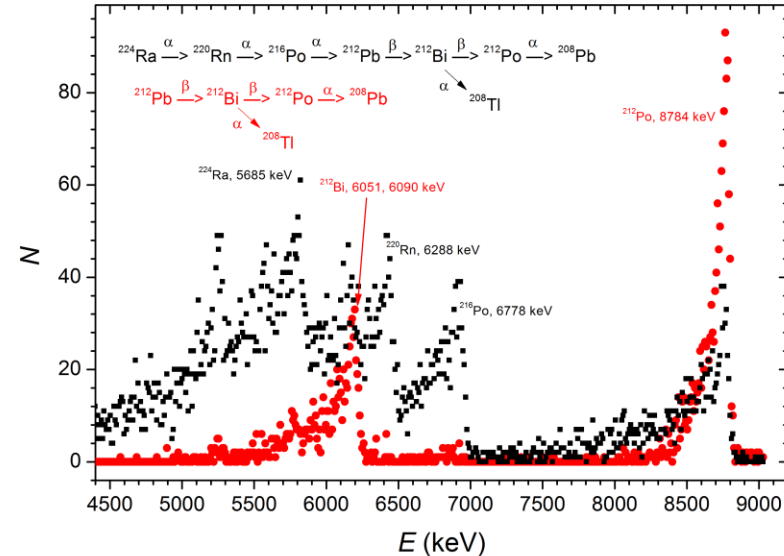
Новый метод получения изотопного генератора альфа-эмиттера $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$

Назначение установки

Для получения на строящемся в НИЦКИ-ПИЯФ радиоизотопном комплексе РИЦ-80 радионуклидов, распадающихся альфа распадом, разработан новый высокотемпературный, высоковакуумный метод выделения радионуклидного генератора альфа-эмиттера $\text{Pb-}212/\text{Bi-}212$ из мишени карбида тория высокой плотности.



Прототип мишенного устройства для высокотемпературного выделения получаемых радионуклидов



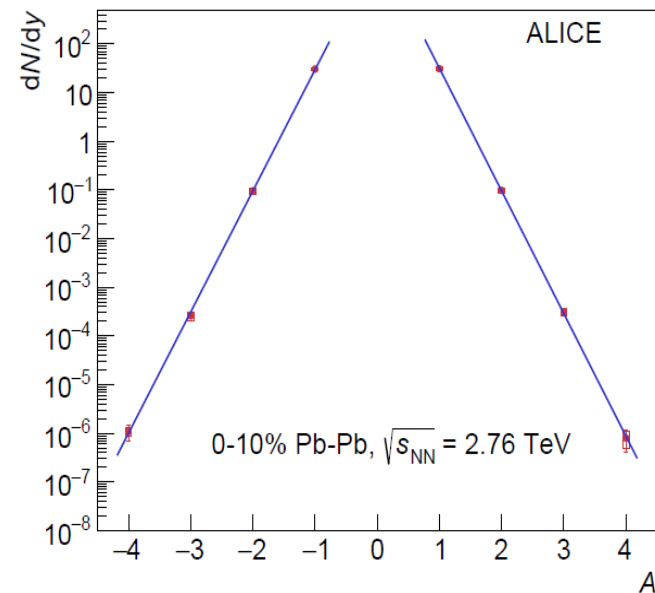
Альфа спектры из распада селективно выделенных на охлаждаемый коллектор ^{212}Pb (1230 °С, красные точки) и ^{224}Ra (1500 °С, черные точки) из нового мишенного материала карбида тория (ThC) высокой плотности

Преимущества:

- Отсутствие ЖРО (жидких радиоактивных отходов)
- Использование одной и той же мишени для постоянного накопления целевых радионуклидов
- Для накопления ^{212}Pb и ^{224}Ra может быть использована мишень после ее долгой (≥ 10 сут) работы на пучке для получения других радионуклидов

Первое наблюдение ядер He-4 и анти-He-4 в PbPb столкновениях на Большом Адронном Коллайдере

В эксперименте ALICE при изучении свойств кварк-глюонной плазмы (КГП), созданной в центральных столкновениях ядер свинца на БАК, впервые зарегистрировано 23 события с рождением ядер и антиядер He-4. Антигелий-4 - самое тяжелое ядро антиматерии, зарегистрированное к настоящему времени в лабораторных условиях. На рисунке показаны измеренные в эксперименте ALICE выходы легких ядер и антиядер. Из равенства выходов ядер и антиядер с одинаковым массовым числом A следует, что барионный химический потенциал в момент формирования этих ядер при адронизации КГП близок к нулю. Фактор подавления, как плата за присоединение дополнительного нуклона, примерно $1/300$. Температура химической заморозки находится в интервале 135 МэВ – 177 МэВ. Полученные результаты исключительно важны для развития моделей пространственно-временной эволюции кварк-глюонной плазмы на стадии адронизации и химической заморозки, а также, для понимания механизмов нуклеосинтеза.



Литература

“Production of He-4 and anti He-4 in PbPb collisions at 2.76 TeV at the LHC”

ALICE Collaboration

Nucl.Phys. A971 (2018) 1-20).

Образование капель кварк-глюонной плазмы (КГП) в столкновениях малых ядерных систем в эксперименте PHENIX на коллайдере RHIC

Коллективные потоки частиц, рождающихся в столкновениях тяжелых ионов, являются одним из признаков образования сильно взаимодействующей КГП, обладающей свойствами практически идеальной жидкости. В эксперименте PHENIX проведена программа “сканирования по геометрии” при энергии взаимодействия $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ. Три взаимодействующие системы (p+Au, d+Au и $^3\text{He}+\text{Au}$) обладают различными начальными геометриями области перекрытия ядер, которые можно характеризовать пространственными эксцентриситетами второго и третьего порядка, вычисленными в модели Глаубера (Рис.1). Измерение эллиптического v_2 (Рис.2) и треугольного v_3 (Рис.3) потоков для заряженных адронов в 0-5% наиболее центральных p+Au, d+Au и $^3\text{He}+\text{Au}$ столкновениях показало, что потоки v_2 и v_3 следуют той же иерархии, что и пространственные эксцентриситеты. Полученные результаты указывают на образование капель кварк-глюонной плазмы в нуклон-нуклонных столкновениях с высокой множественностью при взаимодействии малых ядерных систем с тяжелыми ядрами. В процессе эволюции отдельные капли сливаются, сохраняя анизотропию.

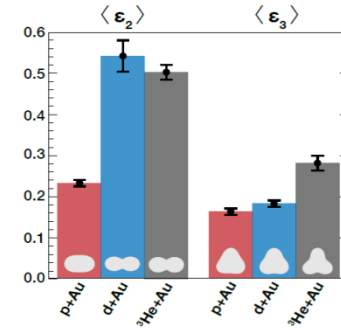


Рис.1

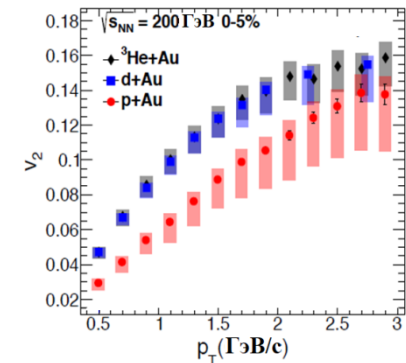


Рис.2

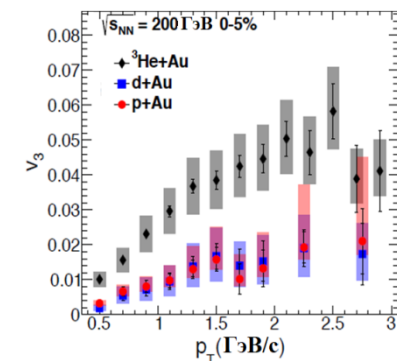
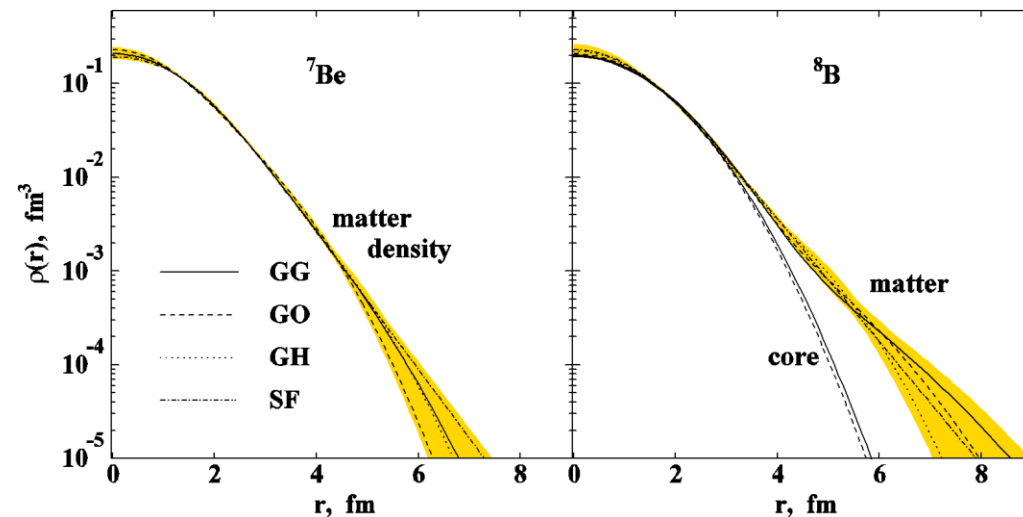


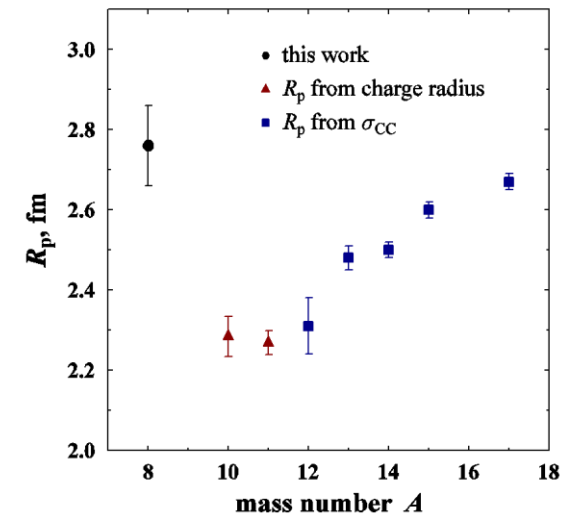
Рис.3

Распределения ядерной материи в протоноизбыточных ядрах ${}^7\text{Be}$ и ${}^8\text{B}$

С помощью созданного в ПИЯФ спектрометра ИКАР в ядерном центре GSI измерены сечения малоуглового упругого рассеяния протонов на ядрах ${}^7\text{Be}$ и ${}^8\text{B}$ при энергии 700 МэВ. Анализ измеренных сечений позволил определить в исследованных ядрах пространственные распределения ядерной материи. Впервые у ядра ${}^8\text{B}$ определен зарядовый радиус. Показано наличие у ядра ${}^8\text{B}$ существенного протонного гало.



Распределения ядерной материи
в ядрах ${}^7\text{Be}$ и ${}^8\text{B}$.



Радиусы протонного распределения
в ядрах изотопов В. Кружок (слева) —
результат данной работы.

G. Korolev *et al.*, Phys. Lett. B 780, 200 (2018).

Прямое наблюдение распада бозона Хиггса на пару b – кварков: $H \rightarrow b\bar{b}$

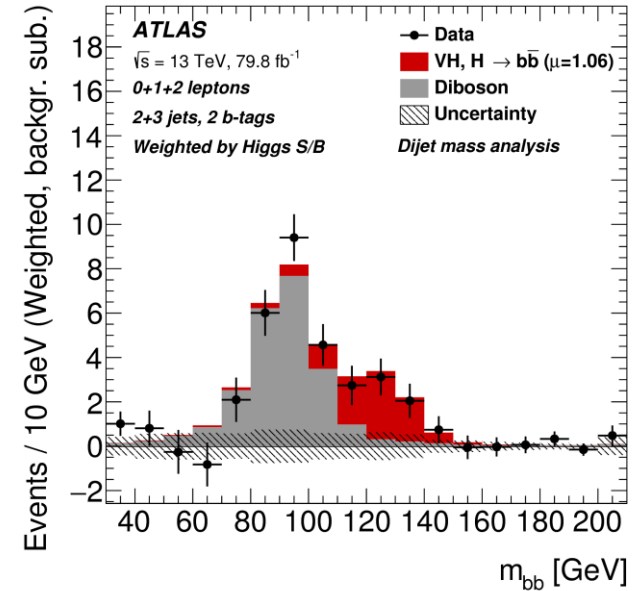
Полученные значения значимости (σ) и силы сигнала (μ) по результатам Run I и Run II:

ATLAS $\sigma = 5.4$, $\mu = 1.01 \pm 0.20$

CMS $\sigma = 5.6$, $\mu = 1.04 \pm 0.20$

Phys. Lett. B 786 (2018) 59

Phys.Rev.Lett. 121 (2018) 121801



Измерение массы W бозона

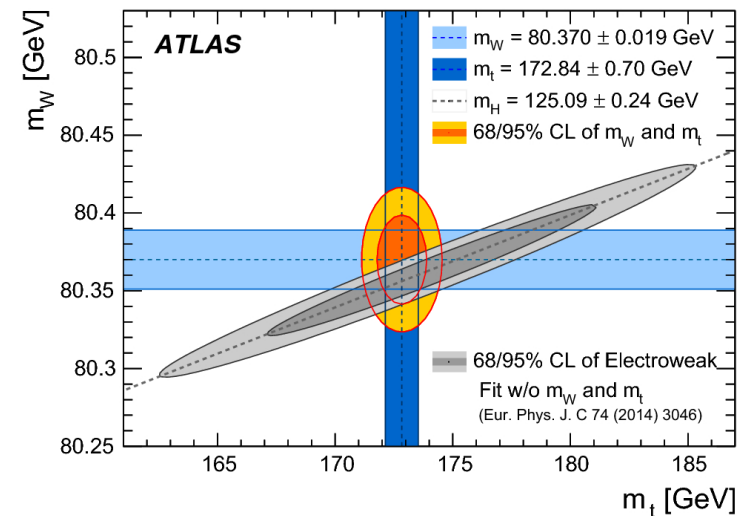
Значение массы, измеренное в эксперименте
ATLAS $m_W = 80370 \pm 19$ MeV, (CM: 80356 ± 8 MeV).

Разница масс W^+ и W^- бозонов:

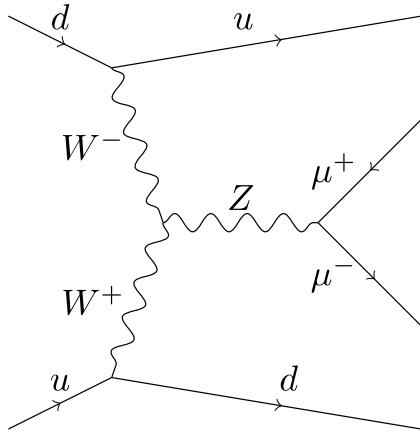
$$m_{W^+} - m_{W^-} = -29 \pm 28 \text{ MeV}$$

Eur.Phys.J. C78 (2018) no.2, 110

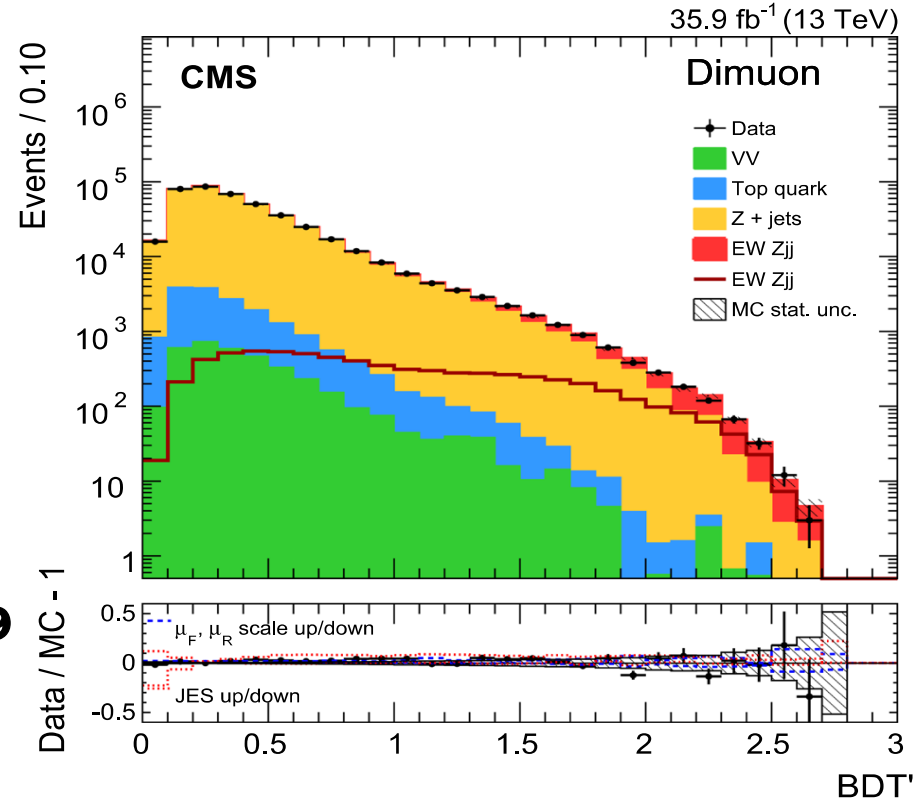
Eur.Phys.J. C78 (2018) no.11, 898



CMS 13 ТэВ: Электрослабый процесс Z + 2 струи



CMS COLLABORATION
EUR.PHYS.J. C78 (2018) 589
CERN-EP-2017-328



$$\sigma(\text{EW } \ell\ell jj) = 534 \pm 20 (\text{stat}) \pm 57 (\text{syst}) \text{ fb} = 534 \pm 60 (\text{total}) \text{ fb}$$

$$\text{SM prediction } \sigma_{\text{LO}}(\text{EW } \ell\ell jj) = 543 \pm 24 \text{ fb}$$

Observation of excited states of the Ω_c baryon

Among all c-baryons, Ω_c (css) remained the only baryon with no excited states observed before LHCb. The LHCb collaboration has performed the searches for the excited states in the $\Xi_c^+ K^-$ decay channel. The measured $\Xi_c^+ K^-$ mass distribution is shown in Fig. 1 where five narrow structures are observed.

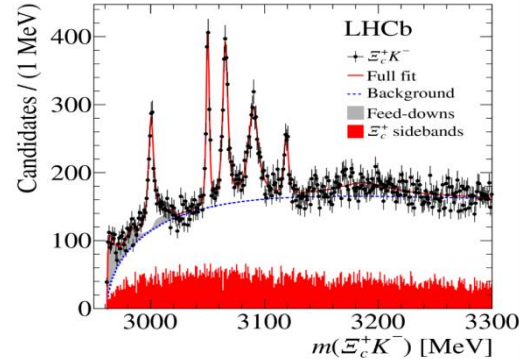


Fig. 1. Distribution of the reconstructed $\Xi_c^+ K^-$ invariant mass. The solid (red) curve shows the result of the fit, and the dashed (blue)

Also, it is found that the fit improves if an additional broad Breit-Wigner function is included in the 3188 MeV/ c^2 mass region. The parameters of the observed resonances are presented in Table 1.

Table 1

The results of the fit to the $\Xi_c^+ K^-$ distribution for the mass, width, yield, and significance for each of the resonances. Yields for the feed-down contributions of the $\Omega_c(3066)^0$, $\Omega_c(3090)^0$, and $\Omega_c(3119)^0$ resonances decaying into $\Xi_c^+ K^-$ final state with the partially reconstructed Ξ^+ are also presented

Res.	Mass, MeV/ c^2	Width, MeV	Yield	$N\sigma$	Feed down yield
$\Omega_c(3000)^0$	$3000.4 \pm 0.2 \pm 0.1 \pm 0.4$	$4.5 \pm 0.6 \pm 0.3$	$1300 \pm 100 \pm 80$	20.4	
$\Omega_c(3050)^0$	$3050.2 \pm 0.1 \pm 0.1 \pm 0.4$	$0.8 \pm 0.2 \pm 0.1$	$970 \pm 60 \pm 20$	20.4	
$\Omega_c(3066)^0$	$3065.6 \pm 0.1 \pm 0.3 \pm 0.4$	$3.5 \pm 0.4 \pm 0.2$	$1740 \pm 100 \pm 50$	23.9	$700 \pm 40 \pm 140$
$\Omega_c(3090)^0$	$3090.2 \pm 0.3 \pm 0.5 \pm 0.4$	$8.7 \pm 1.0 \pm 0.8$	$2000 \pm 140 \pm 13$ 0	21.1	$220 \pm 60 \pm 90$
$\Omega_c(3119)^0$	$3119.1 \pm 0.3 \pm 0.9 \pm 0.4$	$1.1 \pm 0.8 \pm 0.4$	$480 \pm 70 \pm 30$	10.4	$190 \pm 70 \pm 20$
$\Omega_c(3188)^0$	$3188 \pm 5 \pm 13$	$30 \pm 15 \pm 11$	$1670 \pm 450 \pm 3$ 60	6	

This discovery leads to a wide theoretical discussion about the nature of the observed resonances. In some models (V.Petrov), the narrowest of them are interpreted as pentaquark states.

Reference Phys. Rev. Lett. 118, 182001 (2017)