

## Jeszcze jednego kwarka dla Mustera Marka



Liczba nowych cząstek odkrytych w detektorach przy Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN-ie przekroczyła już sześćdziesiąt [1]. W ciągu ostatnich dwóch lat pojawiają się liczne doniesienia o odkryciu tetrakwarków, czyli oddziałujących silnie cząstek (hadronów) zbudowanych z czterech kwarków i antykwarków. Najnowszy, oznaczony  $T_{cc}^+$ , został zaprezentowany światu podczas lipcowej wirtualnej konferencji Europejskiego Towarzystwa Fizycznego przez Ivana Polyakova, który analizował dane zebrane w detektorze LHCb.

Tetrakwarki są same w sobie niezwykle. Pierwszy tetrakwark został odkryty w laboratorium KEK w Japonii w 2003 roku, a detektor LHCb „widział” kilka innych. Jednak  $T_{cc}^+$  wyróżnia się na tle swych egzotycznych współbraci. Poprzednie tetrakwarki są prawdopodobnie stanami związanymi par kwark-antykwark. Można je sobie wyobrażać na podobieństwo cząsteczki wodoru, która składa się z dwóch atomów wodoru, a każdy z nich jest z kolei zbudowany z protonu i elektronu. Chociaż wszystkie składniki cząsteczki trzymają się razem dzięki oddziaływaniom elektrostatycznym, cząstki tworzące atomy są związane silniej niż atomy tworzące cząsteczkę. Można tymczasem przypuszczać, że  $T_{cc}^+$  jest po prostu czwórką silnie oddziałujących kwarków. Byłoby to zgodne z koncepcjami teoretycznymi przedstawionymi kilka lat temu przez Marka Karlinera (który w 1968 roku jako nastolatek musiał opuścić rodzinną Polskę, nie ukończywszy szkoły podstawowej, stając się później jednym z nielicznych profesorów uniwersyteckich bez kompletnej edukacji podstawowej) [2].



Niektóre tetrakwarki są szczególne w ten sposób... że mogą nie istnieć. Wiąże się to ze sposobem, w jaki odkrywane są nowe, krótko żyjące cząstki. Kiedy czas życia tych cząstek jest zbyt krótki, nie mogą one zostać bezpośrednio zaobserwowane w detektorach, ich istnienie stwierdza się, analizując tożsamości, energie i pędy produktów rozpadu (pisał o tym w  $\Delta_{14}^1$  Maciej Misiura w kontekście cząstki Higgsa). Właśnie w taki sposób naukowcy analizujący w 2015 roku dane eksperymentu COMPASS w CERN-ie raczej niespodziewanie zauważyli wskazówki świadczące o istnieniu tetrakwarka  $a_1(1420)$  w wielokrotnie badanym dotąd zakresie mas cząstek około półtorej masy protonu (liczba w nawiasie określa masę cząstki w  $\text{MeV}/c^2$ , odróżniając ją od innych cząstek o podobnych własnościach, oznaczanych tym samym symbolem literowym). Jednak latem tego roku zespół badaczy z Uniwersytetu w Bonn, kierowany przez Bernharda Ketzera, doszedł do wniosku, że opis danych nie wymaga przyjęcia hipotezy istnienia nowej cząstki. Naukowcy wykazali, że zarejestrowany w detektorze sygnał może być zinterpretowany jako rozpad znanej, nieco lżejszej cząstki  $a_1(1260)$ , której produkty rozpadu dodatkowo oddziałują między sobą. Jeszcze w 1959 roku Lev D. Landau wykazał teoretycznie, że takie oddziaływanie cząstek w stanie końcowym może „udawać” nową cząstkę i prowadzić do błędnej interpretacji danych. Sytuacja taka, którą dzisiaj nazywa się osobliwością Landaua, najprawdopodobniej miała miejsce w tym przypadku.



Co ciekawe, dopiero ilość i precyzja danych zbieranych przez współczesne detektory cząstek elementarnych pozwalają na potwierdzenie tej koncepcji teoretycznej sprzed ponad półwiecza. Sądząc z nowych doniesień konferencyjnych, jeszcze kilka odkrytych w ostatnim czasie silnie oddziałujących cząstek może zostać zreinterpretowanych w ten sposób.

Krzysztof TURZYŃSKI

[1] <https://www.nikhef.nl/~pkoppenb/particles.html>

[2] M. Karliner, J. L. Rosner, Discovery of the Doubly Charmed  $\Psi_{cc}$  Baryon Implies a Stable  $bb\bar{u}$  Tetraquark, *Physical Review Letters* **119**, 202001 (2017)

[3] C. Adolph *et al.*, Observation of a New Narrow Axial-Vector Meson  $a_1(140)$ , *Physical Review Letters* **115**, 082001 (2015)

[4] G. D. Alexeev *et al.*, Triangle Singularity as the Origin of the  $a_1(1420)$ , *Physical Review Letters* **127**, 082501 (2021)