

Michał Praszalowicz

Ciężkie bariony i podwójnie ciężkie tetrakwarki w efektywnym modelu chiralnym dla chromodynamiki kwantowej

Od lat szćdziesiątych XX wieku uznaje się, że bariony, czyli cząstki takie jak proton lub neutron, składają się z trzech kwarków. Jednakże współcześnie wiemy, że kwarki oddziałują bardzo silnie i do dziś pozostaje zagadką dlaczego prosty model kwarków, który te oddziaływania ignoruje, pozwala na ilościowe przewidywania dla mas cząstek i innych ich właściwości. W niniejszym projekcie proponujemy użyć do opisu barionów modelu, w którym silne oddziaływanie kwarków jest wzięte pod uwagę i to w zgodzie ze szczególną teorią względności Einsteina. Kwarki te tworzą silnie związany obiekt, zwany *solitonem*, który jest ciężki i może rotować, zarówno w zwykłej przestrzeni jak i w abstrakcyjnej przestrzeni determinującej jego tzw. liczby kwantowe. Model ten powstał do opisu barionów złożonych z lekkich kwarków (a więc tzw. kwarków *d*, *u* oraz *s*) w dość abstrakcyjnej teoretycznej sytuacji, kiedy liczba składników nie wynosi trzy, ale dąży do nieskończoności.

Celem niniejszego projektu jest zastosowanie tego modelu do opisu barionów z jednym ciężkim kwarkiem. Podejście to opiera się na obserwacji, że jeżeli z nieskończonej liczby kwarków wyrzucić jeden, to *soliton* tego nie „poczuje”. W miejsce wyjątego lekkiego kwarku można włożyć jeden z dwóch znanych w przyrodzie ciężkich kwarków (zwanymi *c* lub *b*) i w ten sposób skonstruować model opisujący ciężkie bariony. Cząstki takie znane są doświadczalnie i nasze wstępne badania pokazały, że to podejście dobrze opisuje ich właściwości. W tym projekcie chcemy szczegółowo sprawdzić, jakie są przewidywania tego modelu, a w szczególności zweryfikować jego przewidywania co do istnienia tzw. egzotycznych barionów, to znaczy takich cząstek, których minimalny skład kwarkowy to cztery kwarki i jeden antykwark – tzw. *pentakwarki*.

Ostatnio eksperyment LHCb w CERNie odkrył pięć wzbudzonych stanów Ω_c^0 (a więc cząstek z jednym kwarkiem *c* i dwoma lekkimi kwarkami *s*), z których dwa proponujemy zinterpretować jako *pentakwarki*. Pozostałe cząstki odkryte przez LHCb można zinterpretować jako pewne wzbudzenia wewnętrzne solitonu.

Dodatkowo, wykorzystując fakt, że *soliton* nie zmienia się wskutek oddziaływania z ciężkim kwarkiem, proponujemy zbadać możliwość istnienia cząstek egzotycznych, w których jeden ciężki kwark zostałby zastąpiony przez dwa ciężkie antykwarki. Cząstki takie są nazywane *tetrakwarkami* i ich istnienie postulowane jest także w innych modelach teoretycznych.