

Najprostsze formy hadronów – mezony, złożone są z pary kwarku i antykwarku połączonych ze sobą przez gluony (ang. *glue*). Znamy je od dziesięcioleci a ich własności dobrze zgadzają się z przewidywaniami fundamentalnej teorii kwarków i gluonów – kwantowej chromodynamiki (QCD). Od początku jej istnienia [odkrycia pierwszych kwarków (w 1969)] jasne było, że przewiduje ona też istnienie innych - bardziej złożonych, tak zwanych egzotycznych mezonów czyli układów dwu kwarków i dwu antykwarków, układów mezon-mezon, gluon-gluon oraz stanów mieszanych (kwark-antykwark-gluon). Jednak ich odkrycie w obszarze lekkich mezonów wciąż czeka na potwierdzenie.

Od kilku lat poszukiwanie mezonów egzotycznych jest jednym z najbardziej gorących tematów analiz przeprowadzanych przez fizyków hadronowych na całym świecie. W najbliższych latach intensywne poszukiwania mezonów egzotycznych będą prowadzone w Jefferson Laboratory (JLab) w USA - jednym z wiodących ośrodków na świecie. W celu znalezienia egzotycznych mezonów w JLab zbudowany został specjalnie zaprojektowany detektor GlueX, który rozpoczął działalność w roku 2017. Zebrane dane będą wymagać dokładnej analizy eksperymentalnej i teoretycznej. Według różnych modeli teoretycznych sygnał od tych stanów będzie bardzo słaby więc aby odróżnić go od dużego tła produkowanego przez znane standardowe mezony, pomiary muszą być bardzo dokładne a analizy danych, pewne i jednoznaczne. To stawia bardzo wysokie wymagania wszystkim fizykom pracującym dla tego eksperymentu.

Powodem zainteresowania poszukiwaniem egzotycznych mezonów jest ich rola w QCD. Znalezienie takich mezonów byłoby z jednej strony bardzo silnym potwierdzeniem QCD a z drugiej strony, dałoby wyjątkową okazję do lepszego zrozumienia podstawowych oddziaływań kwarków i gluonów, zwłaszcza uwięzienia, które zmusza kwarki do bycia zawsze w towarzystwie innych kwarków. W przypadku mezonów są to np. wspomniane pary kwark-antykwark.

Każdy mezon posiada własne, charakterystyczne liczby kwantowe narzucone przez kwarki i ich oddziaływania. Mezony złożone z par kwark-antykwark mają na ogół dobrze rozumiane tzw. standardowe liczby kwantowe. Egzotyczne mezony mogą jednak mieć liczby kwantowe zarówno standardowe jak i egzotyczne. Tak więc, jeśli znaleziony zostanie nowy hadron z egzotycznymi liczbami kwantowymi, będzie on jasnym dowodem na istnienie egzotycznego mezonu w niskoenergetycznym (poniżej 2 GeV) obszarze QCD (istnienie egzotycznych mezonów przy wyższych energiach jest już właściwie potwierdzone). Niektórzy kandydaci na takie mezony już istnieją ale potrzebne jest ich ostateczne potwierdzenie. Znalezienie egzotycznych mezonów 'ukrywających' się wśród mezonów ze standardowymi liczbami kwantowymi będzie trudniejsze gdyż wymagać będzie ich oddzielenia od dużego tła standardowych mezonów. W związku z tym w poszukiwaniu mezonów egzotycznych nacisk położony jest na dokładność i jednoznaczność metod stosowanych w analizach mezonów standardowych.

W JLab mezony będą wytwarzane w procesach fotoprodukcji, to jest w zderzeniach fotonów z protonami. W wyniku oddziaływania pomiędzy nimi, powstanie bardzo dużo szybkich mezonów, z których niektóre będą mogły być długo poszukiwanymi mezonami egzotycznymi. Główną zaletą procesów fotoprodukcji w stosunku do procesów, w których hadron (np. proton) zderza się z innym hadronami, jest ich prostota. Wynika ona z faktu, że foton (w pierwszym przybliżeniu) oddziałuje bezpośrednio z kwarkami w protonie, bez pośrednictwa innych kwarków i gluonów. Natomiast w zderzeniach hadron-hadron krótkozasięgowe oddziaływania silne między kwarkami prowadzą do produkcji znacznie większej liczby różnych mezonów niż w przypadku fotoprodukcji. Wtedy oddzielenie szukanych egzotycznych mezonów od ogromnego i skomplikowanego tła mezonów standardowych byłoby bardzo trudne.

Fotoprodukcja polega na oddziaływaniach elektromagnetycznych, które są znacznie słabsze niż oddziaływania silne. Dzięki temu dokładne pomiary pędów i kierunków tworzonych szybkich mezonów i ich późniejsza analiza umożliwiają oddzielenie słabych sygnałów mezonów egzotycznych od tła mezonów standardowych. Trzeba pamiętać, że rejestrowanych będą miliony szybko poruszających się lekkich mezonów, które będą pojawiać się w ułamkach sekund. Wymaga to zastosowania bardzo nowoczesnych i drogich detektorów oraz bardzo szybkich komputerów z zaawansowanym oprogramowaniem opracowywanym specjalnie dla tego celu przez wiele lat.