

Chromodynamika kwantowa (ang. *quantum chromodynamics*, *QCD*) oferuje powszechnie akceptowalny opis hadronów. W teorii tej kwarki i gluony pojawiają się jako główne elementy składowe wszystkich znanych struktur hadronowych. Atrybuty partonów są więc podstawowymi stopniami swobody dla makroskopowych właściwości hadronów, takich jak ładunek czy spin. Właściwości te determinują otaczający nas świat, co sprawia, że ich zrozumienie zajmuje szczególną rolę w studiach fizycznych. Pytania na które szukamy odpowiedzi to: jak wyglądają rozkłady pędów podłużnych i poprzecznych partonów? Jaki jest przestrzenny rozkład partonów? Jakie są ciśnienie i naprężenie w danym punkcie przestrzeni w ośrodkach złożonych z partonów? Wreszcie, jak wszystkie te własności zmieniają się gdy hadron jest spolaryzowany, np. jak zewnętrzne poprzeczne pole magnetyczne deformuje przestrzenne rozkłady partonów? Pomimo znaczącego postępu w zrozumieniu struktur hadronowych, w szczególności protonu, znalezienie odpowiedzi na te pytania wciąż pozostaje jednym z głównych wyzwań przed którymi stoi fizyka jądrowa i wysokoenergetyczna.

Twierdzenia QCD o faktoryzacji dostarczają nam narzędzi służących odpowiedzi na wszystkie wyżej wymienione pytania. W szczególności, uogólnione rozkłady partonów (ang. *generalised parton distributions*, *GPDs*) oferują rygorystyczną teorię, którą można użyć do badania trójwymiarowej struktury nukleonów. Rozkłady GPD pozwalają na tzw. tomografię nukleonu, w której przestrzenne rozkłady partonów niosących dany ułamek pędu są rzutowane na płaszczyznę poprzeczną do kierunku ruchu nukleonu. Tomografia nukleonu ujawnia prawdziwą naturę hadronów jako przestrzennych obiektów złożonych z kwarków i gluonów. Inną ważną cechą rozkładów GPD jest ich związek z tensorem energii pędu, który w innym przypadku byłby dostępny jedynie w rozpraszaniu z udziałem grawitonów. Związek z tensorem energii-pędu pozwala na wyznaczenie całkowitego momentu pędu niesionego przez gluony lub kwarki o danym zapachu, co w przyszłości może pozwolić na rozwiązanie tzw. zagadki spinowej, która powstała 30 lat temu wraz z pomiarami uzyskanymi w eksperymencie EMC. Zależność między GPD a tensorem energii-pędu można również wykorzystać do wyznaczenia właściwości „mechanicznych” układów złożonych z partonów, takich jak rozkład ciśnienia wewnątrz nukleonu. Studia tego rodzaju mogą pomóc w lepszym zrozumieniu właściwości struktur hadronowych, ale również rzucić światło na problem stabilności protonu.

Proponowany program badawczy ma na celu lepsze zrozumienie struktur hadronowych używając w tym celu formalizmu rozkładów GPD. Proponowane zadania badawcze to: i) analiza amplitud dla ekskluzywnej produkcji mezonów, ii) badanie efektów jądrowych i stanów początkowych, iii) opracowanie nowego generatora Monte Carlo dla procesów ekskluzywnych oraz iv) opracowanie metod przeważania. Zadania te składają się na spójny program badawczy, który znacznie poprawi nasze zrozumienie struktury nukleonów i jąder atomowych. Program badawczy dotyczy rozwoju teorii i fenomenologii rozkładów GPD, ale także nowych narzędzi obliczeniowych. Proponowany projekt jest ważny z punktu widzenia obecnych i przyszłych eksperymentów badających reakcje ekskluzywne. W szczególności, projekt ma ogromne znaczenie dla przyszłego zderzacza elektron-jon, który powstanie w USA.