

Na masę 95% wszystkiego co widzimy składają się protony, neutrony i inne hadronów zbudowane dwóch rodzajów punktowych cząstek, kwarków i gluonów, połączonych razem poprzez oddziaływanie silne. To oddziaływanie jest tak mocne, że nigdy nie widzieliśmy pojedynczego, swobodnego kwarku lub gluonu, docierają one do naszych detektorów zawsze w postaci skomplikowanych obiektów: pionów, kaonów, protonów, itd. Oddziaływanie silne jest odpowiedzialne za 95% masy widzialnego wszechświata, chociaż gluony są bezmasowe a większość kwarków jest stosunkowo bardzo lekka. Niesamowita moc tych oddziaływań powoduje że wpływ zjawisk kwantowych jest wzmacniany a złożona natura hadronów ciągle pozostaje nie w pełni zrozumiana i doceniona. Zbadanie jej jest celem istniejących czy planowanych dzisiaj eksperymentów, takich jak te w Jefferson Laboratory czy przy LHC w CERN, lub nowych, takich jak Electron-Ion Collider w Brookhaven National Laboratory w USA. Szukamy odpowiedzi na kilka kluczowych pytań, np. chcielibyśmy otrzymać trójwymiarową mapę struktury i składu wewnętrznego hadronów. Znając ile i jakich składowych elementów żyje w hadronie, moglibyśmy zrozumieć w jaki sposób te bezmasowe cząstki tworzą ciężkie hadrony. Znając dodatkowo ich względne prędkości, moglibyśmy zrozumieć w jaki sposób ruch tych wszystkich składowych może się składać na całkowity spin hadronu, np. protonu, wynoszący dokładnie $\frac{1}{2}$. Znając te wszystkie informacje moglibyśmy zrozumieć dynamikę kwarków i gluonów wewnątrz hadronów, jak również potwierdzić hipotezę o nowym, gęstym stanie gluonów zwanym saturacją lub kondensatem kolorowego szkła, którego istnienie i własności od dawna pozostają zagadką. W końcu, chcielibyśmy odkryć tajemnicę i mechanizm uwięzienia, niezbędny do wyjaśnienia faktu że swobodne kwarki i gluony nie mogą być zaobserwowane.

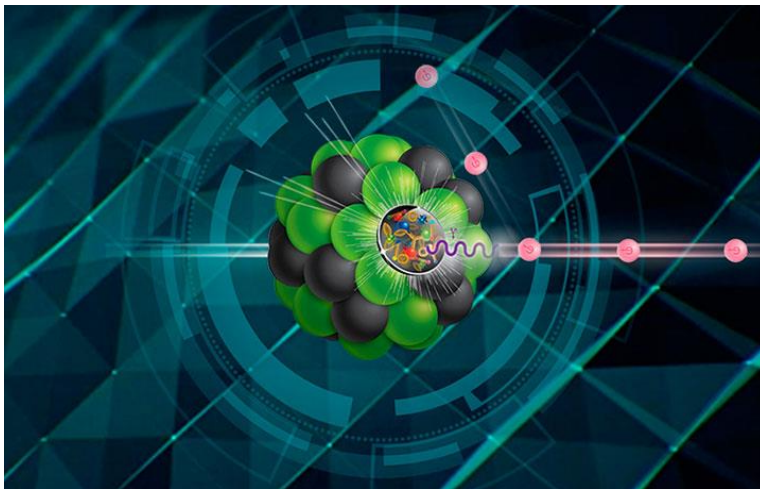


Fig. 1. Elektryki będą zderzać się z protonami albo większymi jądrami atomowymi w Electron-Ion Collider aby stworzyć dynamiczne trójwymiarowe zdjęcia elementarnych składników widzialnego wszechświata. Elektryki nie czują oddziaływań silnych, stanowią więc czystą sondę badającą wewnątrz hadronów, proton czy cięższych jonów. Obrazek pochodzi ze strony EIC w Brookhaven National Laboratory.

Spodziewany postęp po stronie eksperymentalnej wymaga podobnego wysiłku po stronie teoretycznej. Fizycy pracujący nad teorią oddziaływań silnych jak również fizycy obliczeniowi proponujący nowe algorytmy oraz metody obliczeniowe muszą udoskonalić zbiór swoich narzędzi aby dorównać dokładnością swoich obliczeń oczekiwanej doskonałej jakości nowych danych eksperymentalnych. W mojej grupie przygotowaliśmy jedyne na świecie oprogramowanie umożliwiające zamodelowanie gluonowej zawartości protonu przy wysokich energiach z uwzględnieniem najbardziej zaawansowanych poprawek teoretycznych. Zastosujemy je do opisu danych z eksperymentów przy LHC oraz przygotowania przewidywań dla konstruowanych urządzeń takich jak Electron-Ion Collider.