

WPLYW POPRAWEK WYŻSZYCH TWISTÓW NA TOMOGRAFIE NUKLEONU

Współczesna fizyka wskazuje, że atomy składają się z ujemnie naładowanych elektronów, będących elementarnymi i punktowymi cząstkami, oraz z dodatnie naładowanych jąder atomowych, które te elektrony otaczają. Jądra atomowe składają się z kolei z protonów i neutronów, które nazywamy nukleonami. Nukleony do pewnego momentu także uważano za cząstki elementarne. Dopiero w latach 60-tych ubiegłego wieku eksperymenty przeprowadzone w Centrum Liniowego Akceleratora Stanforda (ang. *Stanford Linear Accelerator Center*, SLAC) wskazały na istnienie wewnętrznej struktury nukleonów, co już wcześniej sugerowały doświadczenia Hofstadtera i jego współpracowników. Teoretycy nazwali cząstki tworzące substrukturę nukleonów partonami (nazwa została zaproponowana przez Feynmana), które później zidentyfikowano jako kwarki i gluony.

Ogólne pytania na które staramy się odpowiedzieć dotyczą wyjaśnienia własności nukleonów, takich jak ładunek i masa, używając w tym celu własności partonów. Chromodynamika kwantowa (ang. *quantum chromodynamics*, QCD) definiuje różne typy obiektów posługujące się własnościami partonów jako podstawowymi stopniami swobody. Na przykład, rozkłady gęstości partonów (ang. *parton distribution functions*, PDFs) opisują podłużny pęd nukleonu w języku podłużnych pędów kwarków i gluonów. W tym projekcie jesteśmy zainteresowani nawet bardziej bogatymi w informacje obiektami zwanymi uogólnionymi rozkładami partonów (ang. *generalized partons distributions*, GPDs). Rozkłady te łączą m. in. informacje dotyczącą podłużnego pędu partonów z informacją dotyczącą ich pozycji na płaszczyźnie poprzecznej względem ruchu nukleonu. Pozwala to na zbadanie przestrzennego charakteru protonów i neutronów, co znane jest jako tomografia nukleonu.

Rozkłady GPD są z reguły zdefiniowane w procesach w których cząstka sondująca strukturę nukleonu ma nieskończony pęd. Dwa takie procesy, ważne z punktu obecnego i przyszłego programu doświadczalnego, to *i*) głęboko wirtualne rozpraszanie comptonowskie (ang. *deeply virtual Compton scattering*, DVCS), w którym wirtualny foton po oddziaływaniu z partonem przekształca się w rzeczywisty foton, oraz *ii*) czasopodobne rozpraszanie comptonowskie (ang. *time-like Compton scattering*, TCS), w którym rzeczywisty foton przekształca się w foton wirtualny. Procesy te były lub są wciąż mierzone w eksperymentach w Narodowym Laboratorium Thomasa Jeffersona (JLab), CERN-ie i DESY, ale również będą badane w przyszłych eksperymentach, w szczególności w zderzaczu elektron-jon, który zostanie wybudowany w Narodowym Laboratorium w Brookhaven (BNL).

W eksperymentach nie sposób osiągnąć limitu, w którym cząstka sondująca nukleon ma nieskończony pęd. To sugeruje, że konieczne jest uwzględnienie poprawek odwrotnie proporcjonalnych do tego pędu, które w QCD nazywamy poprawkami wyższych twistów (ang. *higher-twist corrections*). Obecnie fenomenologia GPD unika konieczności uwzględnienia tych poprawek, przez ograniczenie się do obszaru kinematycznego w których poprawki te można zaniedbać. W praktyce oznacza to, że część dostępnych już danych eksperymentalnych nie może być zanalizowana pod kątem informacji dotyczącej struktury materii. Wzięcie pod uwagę poprawek wyższych twistów pozwoliłoby na uniknięcie tego problemu. W tym celu proponujemy program badawczy składający się z trzech zadań:

Zadanie 1: *Fenomenologia procesu DVCS dla obecnych i przyszłych eksperymentów.* Zadanie to dotyczy analizy dostępnych danych eksperymentalnych dla procesu DVCS, biorąc pod uwagę poprawki wyższych twistów. Poprawki te zostaną zaimplementowane w platformie PARTONS, będącej wszechstronnym narzędziem typu open-source do analizy rozkładów GPD. Zadanie obejmuje także ocenę wpływu poprawek w kinematyce przyszłego zderzacza EIC.

Zadanie 2: *Kinematyczne poprawki wyższych twistów dla procesu TCS.* W tym zadaniu poprawki wyższych twistów zostaną wyznaczone dla procesu TCS. Porównanie uzyskanych wyników ze znanymi już wzorami dla procesu DVCS pozwoli na analityczne studia struktury poprawek i ich wpływu na udowodnienie uniwersalności rozkładów GPD z porównania danych DVCS i TCS.

Zadanie 3: *Fenomenologia procesu TCS dla obecnych i przyszłych eksperymentów.* Rezultaty uzyskane w Zadaniu 2 staną się podstawą do analizy danych eksperymentalnych dla procesu TCS. Pierwszym elementem zadania będzie implementacja poprawek dla procesu TCS w platformie PARTONS. Pozwoli to m. in. na sprawdzenie uniwersalności opisu wielu procesów w języku rozkładów GPD. Podobnie jak w Zadaniu 1 wyznaczymy spodziewany wpływ poprawek w kinematyce zderzacza EIC.