

## Misterna struktura najprostszego hadronu

Mezon  $\pi$  (pion) jest najlżejszą cząstką (hadronem) tworzoną przez oddziaływania silne, a jego rola jest szczególna: jak zaproponował Yukawa już w 1935 r., pion pośredniczy w przekazywaniu oddziaływań silnych, których przyciągający charakter spaja jądra atomowe w całość. Choć dziś wiemy, że sam pion jest cząstką złożoną z pary kwark-antykwar, jego budowa i zachowanie są znacznie bardziej złożone niż mógł przypuszczać Yukawa. Pion posiada rozmiar oraz rozkład ładunku elektrycznego i masy, co określa w szerokim znaczeniu jego kształt. Cząstka reaguje na zewnętrzne pobudzenia; może zaabsorbować światło (lub inny bodziec) a następnie go wyemitować, a sposób, w jaki to robi, odzwierciedla jego zróżnicowaną anatomię. Przy bardzo wysokich energiach zderzenia, taka odpowiedź ukazuje nam nie tylko rozkład pędu pomiędzy składniki pionu, ale również mówi, jak te składniki są ze sobą powiązane i skorelowane.

Ponieważ oddziaływania silne wiążące hadrony są w istocie silne, powyższe cechy struktury pionu są “nieperturbacyjne”, tzn. niemożliwe do ujęcia w “łatwych” podejściach do dynamiki, stanowiących dobre początkowe przybliżenie, które może być ulepszone bardziej zaawansowanymi rachunkami. Punkt wyjścia jest tutaj ciągle przedmiotem dyskusji i polem do pomysłowych propozycji, opartych o solidne zasady. Jednym podejściem do zmierzenia się z problemem są numeryczne symulacje oddziaływań silnych na tzw. siatkach – zdyskretyzowanej czasoprzestrzeni włożonej w komputer. Są to prawdopodobnie najobszerniejsze rachunki, jakie ludzkość do tej pory przeprowadziła, wymagające milionów procesoro-godzin mielenia liczb! Odpowiedzi, które przynoszą rachunki na siatkach są coraz dokładniejsze i miarodajne, spełniając rolę pomiarów “eksperymentalnych”. Jednocześnie jednak, mając czysto numeryczny charakter, są trudne do ogarnięcia w prosty sposób i nie wnoszą bardziej opisowego wyjaśnienia, niezbędnego w procesie fizycznego zrozumienia zjawisk. W tym miejscu włącza się nasz projekt. Pragniemy przeanalizować nieperturbacyjną strukturę pionu w ramach prostych i pomysłowych modeli, które choć przybliżone, posiadają kluczowe cechy oddziaływań silnych. W ten sposób będziemy w stanie zrozumieć wyniki siatek dot. struktury pionu i określić, które cechy dynamiki są tutaj istotne.

Pierwszy typ modeli, który okazał się bardzo udany w podobnych zastosowaniach, zasadza się na fakcie, że pion jest stanem związanym kwarku i antykwarku, ale cząstki te są “ubrane”, tj. obdarzone dużą masą, w odróżnieniu od kwarków widocznych w eksperymentach perturbacyjnych. Ta cecha ubierania wywodzi się z bardzo podstawowej własności oddziaływań silnych, podobnej do słynnego mechanizmu kreowania mas przez bozon Higgsa – “Boską Cząstkę”. Zastosujemy też komplementarne podejście, w którym zewnętrzne bodźce same stają się polami mezonowymi, które będąc absorbowane przez pion zmieniają go w inny mezon. Podejście to realizuje tzw. zasadę dualności kwarkowo-hadronowej, która jest bardzo ciekawą cechą oddziaływań silnych. Nasze wyniki będą porównane w dokładny sposób z danymi z najnowszych rachunków na siatkach. Mamy nadzieję na wyjaśnienie tych numerycznych “eksperymentów” i na przyczynienie się w prosty sposób do lepszego zrozumienia istotnych aspektów oddziaływań silnych. Nasze badania przydadzą się też do poszerzenia zakresu przyszłych symulacji na siatkach poprzez dostarczenie nowych, dotychczas niezbadanych, własności pionu.