

# Teoria funkcjonału gęstości dla ujednoczonego opisu materii kwarkowo-hadronowej

## Popularnonaukowe streszczenie projektu

Niels-Uwe Friedrich Bastian

*Kwarki* są, zgodnie z naszą wiedzą, najbardziej podstawowym elementem materii, przez co stanowią główny temat badań w fizyce jądrowej. Pomimo ich obecności w niemalże całej znanej materii, nie jesteśmy w stanie ich bezpośrednio zaobserwować. Zawsze pojawiają się w stanach związanych, tak zwanych *hadronach* (na przykład w protonach, neutronach ...) i nie są w stanie istnieć samodzielnie. Fenomen uwięzienia kwarków w hadronach nosi nazwę *związania*. Podejrzewa się jednak, że kwarki występowały w stanie wolnym w najwcześniejszych etapach życia naszego Wszechświata, oraz w najbardziej ekstremalnych warunkach. Takie warunki mogą wystąpić tylko w infimezmalnych przedziałach czasowych podczas najbardziej energetycznych eksperymentów zderzeń ciężkich jonów (na przykład w światowej sławy zderzaczu LHC) albo w potężnych zjawiskach astronomicznych, takich jak wybuchy supernowych, gdzie cała gwiazda, znacznie bardziej masywna od naszego Słońca, wybucha i uwalnia więcej energii niż jesteśmy w stanie zaobserwować na świecie. Niestety, pomimo tego, że model do opisu kwarków został opracowany pół wieku temu, ich charakter pozostaje otwartym pytaniem dla współczesnych fizyków teoretyków i eksperymentalnych. Uznana teoria *Chromodynamiki Kwantowej* (QCD) jest używana do opisu takiej materii, ale bez względu na jej popularność, ta teoria jest niesamowicie skomplikowana i jej natura nie jest wystarczająco zrozumiana. Dokładnie rzecz biorąc, nie potwierdzono istnienia modelu, który potrafi opisać hadrony jako cząstki złożone z kwarków.

Mając to na uwadze, podstawowym celem tego projektu jest stworzenie zwięzłego modelu do opisu materii kwarkowo - hadronowej. Model ten powinien rozwiązać typowy problem opisu kwarków jako cząstek niezależnych od hadronów, oraz być w stanie przewidzieć odpowiedź na pytania badane we współczesnych eksperymentach. Można to osiągnąć poprzez stworzenie nowej generacji modeli opartych na wyrafinowanym opisie statystyki kwantowej oraz teorii systemów wielu cząstek. Ten projekt ma na celu zebranie całej wiedzy dostępnej ludzkości na temat materii w tych ekstremalnych warunkach w celu ustalenia nieznanymi parametrów.

Naszym planem jest stworzenie fundamentalnej teorii materii silnie oddziałującej, która będzie kluczowa do rozwiązania pozostałych niewiadomych w naszym rozumieniu natury teorii QCD oraz zlikwidować przepaść między hadronami i kwarkami. Największym wkładem tego podejścia byłby ujednoczony opis dwóch, obecnie oddzielnych dziedzin fizyki cząstek – astrofizyki, która zajmuje się najpotężniejszymi zjawiskami galaktycznymi, oraz fizyka ciężkich jonów, których celem jest opis materii zderzanej w eksperymentach.

Podsumowując, projekt ma na celu stworzenie nowej generacji modeli, będących w stanie stworzyć podstawę wszystkich przyszłych badań związanych z poszukiwaniem połączenia światów mikro- i makroskopowych.