

### Streszczenie popularnonaukowe

Projekt należy do fizyki sub-atomowej, dziedziny wiedzy o najmniejszych elementach składowych materii. Tradycyjnie ten obszar można podzielić na dwie części, których nazwy odzwierciedlają typy urządzeń doświadczalnych używanych w badaniach: fizyka wysoki energii i niskich energii. W fizyce wysokich energii bada się przede wszystkim strukturę cząstek elementarnych i mechanizm ich wzajemnego oddziaływania. Rozważane są tu najbardziej pierwotne elementy składowe materii jak kwarki i gluony. Badania te wymagają dostarczenia do zderzanych ze sobą cząstek olbrzymich ilości energii – największych ze wszystkich prowadzonych obecnie eksperymentów. Jednym z podstawowych problemów w fizyce jądrowej jest znalezienie mechanizmu w jaki system wielu (od kilku do kilkuset) nukleonów tworzy układ związany jakim jest jądro atomowe. Jako że protony i neutrony w jądrach mają energię wiązania rzędu kilku MeV, do badania tych obiektów potrzebna jest energia tego samego rzędu wielkości – dużo mniejsza niż używana w doświadczeniach z cząstkami elementarnymi.

Jądro atomowe jest kwantowym układem wielu ciał rządzone przez wzajemne oddziaływania, których struktura w próżni (układu tylko dwóch nukleonów) należy do najbardziej skomplikowanych we Wszechświecie. Te oddziaływania są niecentralne, nielokalne, zależne od stanu i energii. Mogą one zmieniać charakter z odpychającego na przyciągający (lub odwrotnie) w zależności od stanów kwantowych i początkowej energii cząstek. Fakt, iż nukleony są fermionami dramatycznie wpływa na ich oddziaływania: efektywnie je modyfikuje. Ponieważ obowiązuje je zakaz Pauliego, to gdy są umieszczone pośród kilkuset innych nukleonów, większość stanów kwantowych jest dla nich niedostępna.

Okazuje się, że w jądrach można zaobserwować szczególne wielociałowe zjawiska, które nie mogą być wyjaśnione poprzez proste dodanie oddziaływań poszczególnych nukleonów. Są to przede wszystkim spójne efekty zwane wzbudzeniami kolektywnymi, zjawiska spontanicznego łamania symetrii powodujące, że większość znanych jąder jest niesferycznych, efekty łączenia w klastry prowadzące do łączenia nukleonów w pary (bozony) zwane czasami parami Coopera lub w cząsteczki alfa, zjawiska nadciekłości i przejścia fazowe, współistnienie kolektywnych i niekolektywnych wzbudzeń oraz inne specyficzne wielociałowe mechanizmy kwantowe. Jednym z podstawowych problemów, który otworzy drogę do szczegółowych badań doświadczalnych struktury jąder atomowych jest zagadnienie istnienia jąder egzotycznych: Jakie są najbardziej skrajne kombinacje protonów i neutronów w jądrach które mogą być stworzone a następnie zbadane w laboratoriach? Obecnie największe w skali światowej ośrodki badawcze wzmagają badania tak zwanych jąder egzotycznych, czyli takich które mają ekstremalne wartości liczby neutronowej  $N$  przy danej liczbie protonów  $Z$  lub mają równocześnie największe  $N$  i  $Z$ .

Głównym celem obecnego projektu jest wkład do światowych badań mających na celu podstawowej obecnie trudności: Wiele egzotycznych jąder ma czasy życia w stanie podstawowym zbyt krótkie, aby mogły zostać zmierzone przy użyciu współczesnych detektorów. Nasz zespół stworzył potężne narzędzia teoretyczne i programy komputerowe pozwalające na dokonywanie realistycznych obliczeń kwantowych własności jąder atomowych. W szczególności, planujemy zbadać izomery (stany wzbudzone) jąder, których czasy życia mogą być dłuższe niż stanów podstawowych nawet o kilka rzędów wielkości. W ten sposób pomożemy w optymalizacji strategii badań na obrzeżach stabilności jądrowej. Analizowanie tych własności omija tradycyjne zainteresowania fizyki jądrowej prowadząc do obszaru badań jądrowej astrofizyki. W rzeczy samej, wyniki które planujemy uzyskać mogą rzucić światło na procesy nukleosyntezy w środowisku gwiazd, jako że niektóre z izomerów kształtu, które chcemy badać, mogą być tak zwanymi pośredniczącymi jądrami. Te pośredniczące jądra pozwalają na otrzymywanie wielu nuklidów w silnym strumieniu neutronów, który może być obecny w niektórych gwiazdach.

Badania nasze przyczyniają się, między innymi, do lepszego zrozumienia ogólnego schematu rozpowszechnienia pierwiastków we Wszechświecie, co będzie efektem ubocznym projektu.