

Nr umowy: UMO-2020/37/N/ST2/02313

Tytuł: Badanie zjawiska tłumienia dżetów pięknych i powabnych przy pomocy detektora ALICE i uczenia maszynowego

Cel projektu:

Cała otaczająca nas materia zbudowana jest z atomów. Atom to układ jądra atomowego i okalającej go chmury elektronów. Jądro z kolei składa się z nukleonów (czyli protonów i neutronów) a one z trzech kwarków, które są utrzymywane razem przez tzw. silne oddziaływania jądrowe. W każdym atomie ponad 99.9% jego masy stanowi jądro atomowe. Co ciekawe masa jądra nie jest równa sumie mas jego składników, za co odpowiedzialne są siły, które wiążąc nukleony obniżają masę całego układu. Różnica choć niewielka (poniżej 1%), ma ogromne znaczenie – to ona pozwala na uzyskiwanie energii z łączenia małych jąder w średnie (fuzja jądrowa zasilająca Słońce) oraz z rozbijania dużych jąder (istniejące elektrownie jądrowe). Sytuacja jest podobna na głębszym poziomie: masa nukleonu nie jest równa masie trzech kwarków, zdecydowana większość tej masy (odwrotnie niż w jądrze) pochodzi z oddziaływań między nimi – nie bez powodu nazywane są one oddziaływaniami silnymi. To oddziaływania silne są odpowiedzialne za 95% masy obserwowanej materii, pozostałe 5% wyjaśnia słynny mechanizm Higgsa.

Silne oddziaływania mają pewną bardzo nieintuicyjną własność – ich siła rośnie wraz z odległością. Oznacza to też, że kiedy kwarki znajdują się bardzo blisko siebie to stają się swobodne, oddziaływania między nimi zanikają. Jednak aby tak się stało, należy doprowadzić materię jądrową do olbrzymiej temperatury i/lub ogromnej gęstości. Tu na scenę wkracza Wielki Zderzacz Hadronów. Odbywające się tam zderzenia ciężkich jonów ołowiu poruszających się prędkościami bliskimi prędkości światła potrafią na ułamek sekundy wytworzyć stan wystarczający do uwolnienia kwarków. Materia zachowuje się wtedy zupełnie inaczej niż wszystko co obserwujemy na co dzień (i w większości laboratoriów). Ten szczególny stan materii, nazywamy plazmą kwarkowo-gluonową (ang. quark-gluon plasma – QGP) i poza wielkimi akceleratorami istnieje on obecnie we wnętrzu gwiazd neutronowych. Podobny stan mógł powstać także w pierwszych ułamkach sekundy po Wielkim Wybuchu. Zachowanie QGP jest zdeterminowane przez oddziaływania silne, dlatego badanie jej właściwości pozwala znacznie lepiej zrozumieć charakterystykę tych oddziaływań.

Badania nad QGP polegają głównie na pomiarach właściwości cząstek produkowanych w zderzeniach ciężkich jonów i porównywaniu ich z cząstkami produkowanymi w zderzeniach protonów, gdzie QGP nie jest wytwarzana i cząstki przelatują tylko przez próżnię. W naszym projekcie chcemy zmierzyć to jak dużo

energii tracą różne rodzaje kwarków przedzierające się przez ten niezwykle gęsty i gorący stan materii. Jedne kwarki mogą być cięższe od innych nawet 1000 razy i zrozumienie zależności między siłą ich oddziaływania z QGP a ich masą jest jednym z naszych głównych celów.

Jednym z wyzwań jest fakt, że ciężkie kwarki produkowane są znacznie rzadziej od lekkich. Aby skutecznie odseparować jedne od drugich i otrzymać czystą próbkę każdego rodzaju wykorzystamy najnowsze metody uczenia maszynowego, które wykazały swoją skuteczność w zadaniach podobnego typu, zarówno w zastosowaniach komercyjnych jak i naukowych.

Nasze badania na pewno przyczynią się znacząco do rozwoju naszego zrozumienia oddziaływań silnych i właściwości QGP. Jakie praktyczne zastosowania to przyniesie? To ważne, aczkolwiek bardzo trudne pytanie. Niemniej jednak historia uczy nas, że rozwój technologiczny nie byłby możliwy bez prowadzenia badań podstawowych. Nie da się po prostu wpaść na pomysł zbudowania elektrowni jądrowej bez wiedzy na temat tego jak zbudowany jest atom i jakie są (dokładnie!) masy jąder. Podobnie nie da się wymyślić (tu wstawić pomysł nagrodzony w przyszłości Nagrodą Nobla) bez zrozumienia oddziaływań silnych. Przed ludzkością stoi już teraz bardzo wiele wyzwań, ale na pewno pojawią się nowe. Skupienie się tylko na rozwiązywaniu doraźnych problemów byłoby rażącą krótkowzrocznością.

Pomijając myśl, że zrozumienie mechanizmów działania otaczającej nas Natury, jest pięknym celem samym w sobie...