

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Aleksandra Gajosa pt. „Investigations of fundamental symmetries with the electron-positron systems”

Pojęcie symetrii zostało wprowadzone w świat nauki już w czasach starożytnych. Rozumiane było w sensie bardzo ogólnym jako proporcja bazująca na liczbach całkowitych i jednocześnie funkcja układająca różne elementy w jednolitą całość. Stąd też z symetrią nierozzerwalnie wiążą się takie pojęcia jak harmonia, piękno i jedność, które znajdują odbicie w teoriach budowy świata (np. regularne wielościany odwzorowywały takie elementy naturalne jak: ogień, woda, ziemia i powietrze). Dopiero definicja symetrii jako "niezmienności w określonej grupie przekształceń" pozwoliła na szersze zastosowanie pojęcia, nie tylko do figur przestrzennych, ale również do obiektów abstrakcyjnych, jak wyrażenia matematyczne - w szczególności wyrażenia o znaczeniu fizycznym. Stąd też na przestrzeni ostatnich 200 lat świat naukowy dość intensywnie interesował się różnymi rodzajami symetrii. Ponadto można powiedzieć, że wprowadzenie opisu kwantowego spowodowało „ponowne odkrycie” w kontekście kwantowym symetrii odbicia ładunkowego (C), parzystości (P) i odwrócenia czasu (T). Poczynając od pracy Wignera z roku 1927 i słynna pracę Diraca z roku 1931 symetrie te na stałe zagościły w świecie tak eksperymentalnej jak i teoretycznej fizyki. Dyskretnie symetrie C, P i T są połączone przez tak zwane twierdzenie CPT, udowodnione po raz pierwszy przez Lüdersa i Pauliego we wczesnych latach pięćdziesiątych XX wieku, które stanowi, że kombinacja CPT jest podstawową symetrią praw fizycznych. Przeprowadzone eksperymenty wykazały maksymalne łamanie dyskretnych symetrii C i P w oddziaływaniach słabych. Ponadto okazało się, że w rozpadach neutralnych kaonów symetria CP jest minimalnie łamana, co oznaczało również na podstawie twierdzenia CPT naruszenie łamania symetrii T. Niemniej jednak brakowało bezpośredniego pomiaru łamania symetrii T – dla przykładu wyniki eksperymentu CP-LEAR wydawały się prezentować właśnie łamanie symetrii T, lecz dokładana analiza nie pozwoliła na postawienie tak daleko wysuniętego wniosku. Dopiero dane zebrane przez eksperyment BaBar w SLAC (ang. Stanford Linear Accelerator Center) udokumentowały łamanie symetrii T w oparciu o pomiary rozpadu mezonu B.

Przedstawiona do recenzji dysertacja dotyczy właśnie symetrii w przyrodzie, a dokładnie analizy danych eksperymentalnych, których wynik może świadczyć o łamaniu jednej z fundamentalnych symetrii T – odwrócenia w czasie. W omawianej pracy rozważany jest bezpośredni test symetrii względem odwrócenia w czasie w przejściach w układzie neutralnych mezonów K, przy pomocy kwantowo splatanych par neutralnych kaonów wytworzonych w procesie $e^+e^- \rightarrow \phi \rightarrow K_S K_L$. Ponadto praca zawiera również analizę możliwości użycia detektora J-Pet do poszukiwania niezerowych korelacji kątowych w rozpadach atomów ortopozytonium,

Rozprawa doktorska Pana magistra Aleksandra Gajosa składa się ośmiu rozdziałów w tym wliczając podsumowanie.

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

We wstępie autor zawarł podstawowe informacje dotyczące pracy, znajdziemy tu krótko opisaną zawartość pracy, motywację, która skłoniła autora do podjęcia się badania łamania symetrii T. Rozdział pierwszy zapoznaje czytelnika z podstawowymi pojęciami wykorzystywanymi w pracy. Znajdziemy tu skrócony teoretyczny opis symetrii odwrócenia w czasie, następnie przedstawione są eksperymentalne metody poszukiwania łamania symetrii T jak i opis układu neutralnych mezonów K. Rozdział drugi w całości poświęcony został na prezentację metody testowania symetrii odwrócenia w czasie wykorzystującej neutralne mezony K. Autor wprowadza obserwable czułe właśnie na łamanie symetrii, prezentuje koncepcje pomiaru. W rozdziale trzecim znajdujemy nawiązanie do drugiego tematu omawianego w pracy jakim jest analiza użycia detektora J-Pet do pomiarów rozpadów atomów ortopozytonium, a zarazem wykorzystanie tych danych do badania łamania symetrii T. Rozdział 4, to opis układu detekcyjnego tak eksperymentu KLOE jak i J-Pet. W rozdziale piątym znajdziemy opis rekonstrukcji przypadków w oparciu o tzw. metodę trilateracji dla obu omawianych wcześniej eksperymentów. Rozdział szósty to właściwa analiza pomiarów łamania symetrii w eksperymencie KLOE, autor szeroko opisuje metody selekcji przypadków, dyskutuje także wydajność poszczególnych etapów selekcji oraz przeprowadza analizę błędów. Przedostatni rozdział (siódmy) to analiza danych z eksperymentu J-Pet, Ostatni rozdział zawiera podsumowanie wykonanej pracy jak i ewentualne możliwości rozwojowe przeprowadzonych pomiarów.

W mojej opinii praca stanowi cenne źródło informacji dotyczących pomiarów łamania symetrii odwrócenia w czasie. Część teoretyczna świadczy o bardzo dobrej orientacji autora w obecnym stanie wiedzy właśnie nt. procesów jakie zachodzą podczas omawianej reakcji. Przeprowadzanie tak skomplikowanej analizy wymagało od autor dużej skrupulatności i dbałości o szczegóły na każdym etapie obróbki danych. Na podkreślenie zasługuje fakt zastosowania metody trilateracji do identyfikacji mezonów K jak i atomów ortopozytonium. Pomimo tego, że autor nie znajduje podstaw do udowodnienia łamania symetrii odwrócenia w czasie (analiza eksperymentu KLOE) otrzymane dane przygotowują warsztat dla eksperymentu KLOE-2. W pracy znajdujemy analizę błędu systematycznego, który zasadniczo wpływał na niejednoznaczność otrzymanych wyników, nie znalazłem jednak informacji jak element ten został poprawiony w eksperymencie KLOE-2. Głównym źródłem tego błędu było określenie szerokości „binu” różnicy czasu – nie znajduje jednak propozycji modyfikacji analizy lub systemu eksperymentalnego tak by właśnie ten przyczynek do błędu systematycznego zmniejszyć. Na rysunku 6.29 autor czerwoną linią zaznacza wartości stosunków R otrzymanych na podstawie dopasowania metodą likelihood, przyglądając się temu rysunkowi nasuwa się pytanie jak wyglądały by te wartości stosując np. regresję liniową do wyznaczenia linii trendu. Ponadto w wielu przypadkach autor stosuje bardzo oszczędny opis wykonanych analiz – szczególnie jest to widoczne w rozdziale siódmym. W szczegółach dotyczących analiz autor odsyła do literatury, a w moim przekonaniu właśnie dysertacja doktorska jest miejscem gdzie takie element powinny się znaleźć. Rozumiem, że szczegółowy opis zasadniczo zwiększyłby objętość pracy. Chciałbym podkreślić, że w mojej opinii materiał eksperymentalny zawarty w pracy wystarczyłby na co najmniej dwie dysertacje. Mam także pytanie związane z wyborem zakresu w przypadku selekcji mezonów K w oparciu o masę niezmienniczą (wzór 6.10), brak uzasadnienia dla właśnie tej konkretnej wartości. Opisany i opracowany jest bardzo szeroki materiał eksperymentalny jednakże w dzisiejszej

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

fizyce jądrowej jak i cząstek elementarnych pomiary i analizę danych wykonuje się we współpracy z innymi członkami kolaboracji – w przedstawionej dysertacji nie znalazłem jednak jednoznacznego opisu, jakie elementy analizy, kalibracji przygotowania eksperymentu były wykonane przez autora pracy. Oczywiście analizując zamieszczoną literaturę można określić osobisty wkład autora (jest on autorem wielu z cytowanych publikacji) jednak, z punktu widzenia recenzji, bardzo przydatne byłoby umieszczenie w podsumowaniu lub we wstępie do pracy opisu wkładu osobistego autora. Muszę także przyznać, że zaskoczył mnie układ pracy, osobiście spodziewałem się pracy wyraźnie podzielonej na dwie części, osobno dla eksperymentu KLOE i J-Pet. W pracy oba te wątki przykrywają się, rozumiem, że było to podyktowane podobieństwami eksperymentalnymi jak i tym samym celem głównym.

Rozprawa doktorska Pana mgr Aleksandra Gajosa jest napisana w języku angielskim, w sposób prosty i zrozumiały, a jej czytanie sprawiło mi dużą przyjemność. Nie mam uwag do strony językowej pracy, ale jednocześnie nie czuję się w pełni kompetentny do oceny pracy pod tym względem.

Podsumowując, przedstawiona do recenzji praca porusza ważne tematy z punktu widzenia fizyki cząstek elementarnych oraz fizyki jądrowej. Zaprezentowany został warsztat analityczny mogący służyć kolejnym eksperymentom badającym łamanie symetrii T. Jeszcze raz chciałbym podkreślić istotę zastosowania metody trilateracji do rekonstrukcji przypadków. Ponadto przeprowadzona analiza danych może służyć za przykład precyzyjnie i poprawnie wykonanej pracy eksperymentalnej. W moim przekonaniu autor wykazał, że w bardzo dobrym stopniu opanował zaawansowane metody analizy danych. Na podkreślenie zasługuje także fakt prezentacji możliwości detektora J-Pet, w szczególności jego zastosowania do identyfikacji anihilacji na trzy fotony oraz rekonstrukcji punktów anihilacji.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr Aleksandra Gajosa pt. „Investigations of fundamental symmetries with the electron-positron systems” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Seweryn Kowalski

Dr hab. Seweryn Kowalski