

Kraków, 9.11.2015

Prof. dr hab. Jerzy W. Mietelski
Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN
31-341 Kraków
Radzikowskiego 152

**Recenzja pracy doktorskiej „Background in the GERDA and DARKSIDE experiments”
przedstawionej przez mgr. Krzysztofa Pelczara**

Sukcesy Modelu Standardowego niosą w sobie załączek grozy, jaką może spowodować dotarcie do granicy poznania. Podobna sytuacja panowała pod koniec XIX wieku, gdy wydawało się, że fizyka staje się nauką martwą, zamkniętą i skończoną. Na szczęście istniała „skaza” w postaci zagadki katastrofy w nadfiolecie w opisie promieniowania ciała doskonale czarnego i okazała się ona wkrótce bramą do całego, ogromnego, nowego świata fizyki atomowej i subatomowej, rozwijanej przez ostatnie, XX stulecie. Zagadka istnienia bądź nie ciemnej materii i ciemnej energii niesie w sobie analogiczne nadzieje na poznanie całkiem nowego aspektu świata materialnego. Podobne nadzieje niosą w sobie poszukiwania podwójnego, bezneutrinowego rozpadu beta, jako poszukiwania istnienia pewnego wyłomu czy też znaczącego uzupełnienia w Modelu Standardowym. Doświadczalne prace nad tymi zagadnieniami łączy jedno – konieczność wykrycia niezwykle rzadkich zdarzeń, maskowanych przez szereg procesów zachodzących w tle. Eksperymentalne poszukiwania w tym zakresie to jedno z najbardziej ambitnych eksperymentów współczesnej fizyki. W tej tematyce plasuje się recenzowana tu praca doktorska mgr. Krzysztofa Pelczara, powstała z promotorskim udziałem prof. dr hab. Marcina Wójcika i współpromotorskim udziałem dr. Grzegorza Zuzela.

Już pierwszy kontakt z przedstawioną dysertacją budzi bardzo pozytywne wrażenia. Praca ma niecodzienny format, mniejszy od najczęściej używanego A4. Zwraca uwagę swoją bardzo staranną formą graficzną i licznymi kolorowymi ilustracjami. Napisana jest po angielsku. Druk dwustronny i brak interlinii dopełnia wrażenia – dysertacja przypomina wydawnictwo książkowe a nie maszynopis. Powstaje niewypowiedziana sugestia, że praca będzie powielana i kolportowana przynajmniej w kręgu osób pracujących w eksperymentach Gerda i DarkSide. Taka inicjatywa byłaby pewnie godna pochwały.

Praca liczy 78 stron. Jest zorganizowana w sześciu rozdziałach uzupełnionych spisem literatury zawierającym 105 pozycji. Pierwszy rozdział dotyczy ogólnej charakterystyki doświadczalnego poszukiwania ewidencji małoprawdopodobnych zdarzeń o niskich energiach. Przypomniano w nim podstawowe informacje dotyczące fizyki neutrin i przedstawiono oba kluczowe dla pracy doświadczenia. Szczegółowo opisano procesy radioaktywne zachodzące w tle, które zaburzają detekcję poszukiwanych zdarzeń. Równie szczegółowo zajęto się ważnymi dla sukcesu doświadczeń zjawiskom z udziałem jonów w cieczach kriogenicznych.

Rozdział 2 poświęcony jest badaniom nad obecnością i zachowaniem się radonu (głównie ^{222}Rn ale też ^{220}Rn) oraz pochodnych jego rozpadu w ciekłym azocie. Rozważana jest mobilność i czas rekombinacji jonów. Duża część rozdziału poświęcona jest opisaniu

przeprowadzonego doświadczenia oraz obliczeń modelowych dotyczących zachowania się produktów rozpadu radonu-222, przede wszystkim alfa promieniotwórczych izotopów polonu ^{218}Po i ^{214}Po a także beta promieniotwórczego ^{214}Bi . Po szczegółowym opisie i podsumowaniu obecnych wyników pojawia się tu też zarys przyszłych, projektowanych badań w tym zakresie.

Rozdział trzeci poświęcony jest obecności i zachowaniu krótkożyciowego izotopu potasu, ^{42}K ($T_{1/2}=12,3$ h) w ciekłym argonie w eksperymencie Gerda. Izotop ten powstaje w wyniku rozpadu beta minus ^{42}Ar ($T_{1/2}=32,9$ a). Radioizotop argonu stanowi niepożądaną domieszkę w argonie pochodzenia atmosferycznego, powstającą pod wpływem promieniowania kosmicznego. W odróżnieniu od radioizotopu argonu, obecnego w formie neutralnych atomów rozmieszczonym izotropowo w całej objętości ciekłego argonu, powstające w wyniku rozpadów beta minus atomy ^{42}K są jednokrotnie zjonizowane – a więc są jonami dodatnimi. Jako cząstki naładowane podlegają polu elektrycznemu wynikającemu z przyłożonego w detektorach polaryzującego je napięcia i dryfują w bezpośrednie pobliże detektorów osiadając też na ich powierzchni. W oczywisty sposób jest to proces bardzo niekorzystny, gdyż prowadzi do znacznego zwiększenia prawdopodobieństwa rejestracji promieniowania emitowanego w momencie rozpadu ^{42}K a tym samym wzrostowi tła. Proces ten nie był przewidziany na etapie projektowania eksperymentu Gerda i stanowi poważne zagrożenie dla sukcesu całego doświadczenia. W ramach pracy przeprowadzono symulację Monte Carlo tego procesu z uwzględnieniem konwekcji w zbiorniku ciekłego argonu na skutek wydzielania się ciepła w zanurzonych w zbiorniku detektorach. Wyniki te zaprezentowano właśnie w Rozdziale trzecim. Omówiono tu też chemiczną sorpcję potasu na powierzchni miedzi i germanu. Zaprezentowano algorytm i wyniki modelowania dryfu jonów potasu i ich dyfuzji. Wyniki symulacji skonfrontowano z doświadczeniem przeprowadzonym, dla większej czytelności wyników, z wyższymi aktywnościami $^{42}\text{Ar}/^{42}\text{Kr}$ niż aktywności obecne w naturalnych domieszkach. Przeprowadzono ze stosowną uwagą i szczegółowością budżet niepewności pomiarowych. Zaproponowano osłony w formie miedzianych elementów z przyłożonym do nich wysokim napięciem (rzędu -3 kV), zanurzonych w zbiorniku argonowym w pobliżu detektorów. Osłony te ściągają w swoje pobliże jony, przeciwdziałając ich osadzaniu na detektorach. Zaprezentowano wyniki symulacji działania osłon. W mojej ocenie rozdział ten stanowi opis zasadniczego osiągnięcia Doktoranta uzyskanego w trakcie realizacji pracy.

Bardzo krótki, bo tylko trzystronicowy, rozdział czwarty poświęcony jest opisowi konstrukcji i pierwszych testów nowego przedwzmacniacza do eksperymentu Gerda, znacznie zmniejszającego generację szumów. Jest tu też informacja o zgłoszeniu patentowym. Bez wątpienia to również jest bardzo istotne osiągnięcie uzyskane w ramach zrealizowanej pracy doktorskiej.

Niewiele dłuższy, bo tylko pięciostronicowy, jest rozdział piąty, poświęcony konstrukcji wysokoczułego monitora radonu pracującego w trybie on-line w eksperymencie DarkSide-50. Detektor ten powstał we współpracy międzynarodowej z udziałem Doktoranta. To kolejne znaczące osiągnięcie.

Pewną niedogodnością, utrudniającą czytanie dysertacji, jest bardzo obfite stosowanie skrótów. Nadaje to charakter trochę żargonowy (w sensie zawodowego żargonu) niektórym akapitom a nawet podrozdziałom. Nie jest to bardzo poważny zarzut, bo praca już przez samo napisanie jej w języku angielskim adresowana jest głównie do czytelnika wprowadzonego już głęboko w badane zagadnienia. Cierpi na tym jedynie aspekt dydaktyczny pracy. Jednocześnie chciałbym podkreślić, że zaprezentowana dysertacja zrealizowana jest niesłuchanie starannie pod kątem edytorskim. Jak każde dzieło człowieka przedstawiona dysertacja nie jest całkowicie wolna od błędów lub nieścisłości, jest ich w mojej ocenie jednak

nad wyraz mało. Przykładowo, takimi miejscami co najmniej dyskusyjnymi są w mojej ocenie następujące sformułowania:

Str. 13 – oszacowane wartości typu „0.6t y”, wpisane w potoczysty tekst są mało czytelne, przydałaby się jednak tu kropka dla oznaczenia mnożenia ton i lat (w tym konkretnym przypadku jeszcze brakuje odstępu pomiędzy liczbą i jednostką).

Str. 17 – rozszyfrowanie skrótu „cts” jako „counts” Autor pozostawia czytelnikowi.

Str. 18 – niefortunne w mojej ocenie jest sformułowanie „...²¹⁴Bi or other α -emitters...” sugerujące jakby ²¹⁴Bi był alfa-emiterem. Powinno być raczej: “...²¹⁴Bi as well as α -emitters...”.

Str. 56 (w przedostatnim akapicie) i w opisie rys. 3.13 pojawiają się dwie różne liczby dla „czasu życia” (w obu przypadkach pojawia się angielski termin „life-time”) dla ⁴²K (odpowiednio 17 h i 12,3 h). Wydaje się, że pierwsza z nich to średni czas życia (a więc „mean life time”) a druga to czas połowicznego zaniku („half life time”).

Te drobne uwagi krytyczne w niczym nie zmieniają mojej bardzo wysokiej oceny zaprezentowanej przez mgr. Krzysztofa Pelczara dysertacji. Jestem przekonany, że oceniana praca z nadwyżką spełnia wymogi stawiane przez Ustawę o Stopniach i Tytułach Naukowych i w dziedzinie Sztuki zatem wnioskuję o dopuszczeniu mgr. Krzysztofa Pelczara do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, ze względu na znaczące osiągnięcia jej Autora zaprezentowane w ocenianej tu dysertacji, wnoszę do Rady Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ o wyróżnienie doktoratu.

KIEROWNIK
Zakładu Fizykochemii Jądrowej

JFJ-BAN

prof. dr hab. Jerzy W. Mietelski

Kraków, 10.11.2015

Prof. dr hab. Jerzy W. Mietelski
Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN
31-341 Kraków
Radzikowskiego 152

Rada Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ
Ul. St. Łojasiewicza 11
30-348 Kraków

Wniosek o wyróżnienie pracy doktorskiej „Background in the GERDA and DARKSIDE experiments” przedstawionej przez mgr. Krzysztofa Pelczara

Korzystając z przysługującego recenzentowi pracy doktorskiej przywileju niniejszym wnoszę o wyróżnienie pracy doktorskiej przedstawionej przez mgr. Krzysztofa Pelczara
pt.: Background in the GERDA and DARKSIDE experiments”

Uzasadnienie

Przedstawiona praca doktorska mgr. Krzysztofa Pelczara dotyczy szczegółowych zagadnień rozpoznania, modelowania i zmniejszenia tła w dwóch bardzo ciekawych i doniosłych eksperymentach mających szansę przesunąć granice poznania. Doktorant wzorowo i kreatywnie wywiązał się z postawionych przed nim celów. Oprócz zaproponowanej konstrukcji zmniejszającej tło w eksperymencie Gerda w ramach doktoratu powstało też zgłoszenie patentowe. Niejako dopełniając tych znaczących osiągnięć naukowych i aplikacyjnych doktoratu, szerzej omówionych w mojej recenzji, praca wyróżnia się też od strony edycyjnej bardzo staranną redakcją tekstu. Jednak to wysoki poziom naukowy pracy stanowi powód mojego wystąpienia o wyróżnienie.

KIEROWNIK
Zakładu Fizykochemii Jądrowej
IFJ PAN

prof. dr hab. Jerzy W. Mietelski