

Katowice, 20 maja 2019 r.

prof. dr hab. Janusz Gluza
Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dra Enrico Marii Sessolo
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Informacje ogólne

Dr Enrico Maria Sessolo ma dwa tytuły magistra, z astrofizyki (U. w Padwie, Włochy) i fizyki teoretycznej (U. Kansas, USA). Na Uniwersytecie Kansas obronił także doktorat dotyczący supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego. Po doktoracie jeden rok był zatrudniony jako "instruktor fizyki" w Fort Hays State University w USA, po czym rozpoczął 4-letni staż podoktorski w NCBJ w Warszawie, po którym do dnia dzisiejszego pracuje na stanowisku adiunkta. Dwa lata temu otrzymał 9-miesięczne stypendium Humboldta na pobyt w TU w Dortmundzie. Habilitant opublikował ponad 25 prac naukowych, niektóre z nich są cytowane według systemu Inspires ponad 50 razy osiągając status dobrze lub bardzo dobrze znanej pracy. Dr Sessolo jest aktywny jeśli chodzi o wystąpienia na konferencjach, wygłosił ponad 20 referatów. W sumie, jego współpraca z grupami spoza Warszawy i grupy profesora Roszkowskiego była do tej pory dosyć niska, nie brał udziału w pracach żadnej z sieci naukowych. Z drugiej strony, dr Sessolo ma w swoim dorobku prace napisane w grupach z małą ilością autorów, np. prace dwuautorskie, co dobrze świadczy o potencjale naukowym Habilitanta.

Jednotematyczna habilitacja zatytułowana "Sygnały ciemnej materii w modelach Nowej Fizyki" została napisana na podstawie 8 publikacji, w których łącznie brało udział od dwóch do pięciu autorów. Deklarowany poziom zaangażowania dr Sessolo w powstanie tych prac zawiera się w przedziale $30 \div 90$ procent.

2. Osiągnięcia naukowe

Zbiór ośmiu prac [H1]-[H8] na podstawie których powstała niniejsza rozprawa habilitacyjna został dobrze dobrany, odzwierciedlając główne dokonania naukowe Habilitanta. Autoreferat podzielony jest na 10 części, we wprowadzeniu zdefiniowano czym są cząstki typu WIMP, których istnienie wydaje się być naturalnym wyjaśnieniem

problemu ciemnej materii we Wszechświecie. Podoba mi się narracja rozprawy, w której Habilitant pokazuje jak złożony jest problem badania WIMP-ów, uwzględniając dane LHC, ograniczenia z bezpośrednich poszukiwań ciemnej materii w podziemnych detektorach ksenonowych, oraz z pośrednich poszukiwań ciemnej materii w sygnałach astrofizycznych. Chociaż WIMP-ów nie dało się do tej pory wykryć, uzyskane wyniki są wartościowe określając możliwy charakter i właściwości tychże cząstek. Można w ten sposób, zawężając przestrzeń możliwych parametrów, określać skuteczniej strategię obserwacji i projektowania nowych eksperymentów. Krótko i rzeczowo opisano doświadczalne dowody na istnienie ciemnej materii, rozprawa nie jest rozbudowana co do szczegółów teoretycznych mechanizmów kreacji i oddziaływania WIMP-ów, jednak ilość informacji jest wystarczająca aby zrozumieć ich znaczenie jako dominującej części ciemnej materii złożonej ze słabo oddziałujących, masywnych, stabilnych i zimnych cząstek.

W rozprawie w wielu miejscach pojawia się dyskusja o naturalności modeli, w szczególności naturalność dyskutowana jest w rozdziale 5.4. Ponieważ żaden model niestandardowy nie został do tej pory odkryty, eksperymenty ograniczają możliwe sprzężenia i masy niestandardowych cząstek, mówi się także w tym kontekście o problemie sztucznego dopasowania parametrów do danych. Zgadzam się z Habilitantem, iż problem ten nie jest przeszkodą dla dalszego badania niestandardowych modeli. Omówione prace Habilitanta dotyczą szczegółowych badań oddziaływań WIMP-ów w możliwej bezpośrednio czy też pośrednio detekcji tych cząstek. Bezpośredniej detekcji tych cząstek w ramach supersymetrycznego modelu CMSSM poświęcona jest praca [H1], w której pokazano, uwzględniając wiele danych doświadczalnych, iż można wykluczyć najbardziej naturalny region przestrzeni parametrów CMSSM na poziomie 95% przedziału ufności. Dane obejmowały obliczenia gęstości reliktovej ciemnej materii, wstępne dane z LHC oraz eksperymentu XENON, dane dotyczące anomalnego momentu magnetycznego mionu, dane dotyczące obserwabli zapachowych i z eksperymentów wysokiej precyzji, dane z pośredniej detekcji ciemnej materii opartej o rozpraszanie promieni gamma z karłowatych galaktyk sferoidalnych w Drodze Mlecznej oraz dane z teleskopu neutrin IceCube. W pracy pokazano jak współdziałanie wszystkich danych zmienia i ogranicza przestrzeń mas gaugin oraz uniwerslanej masy sfermionu. W pracy [H2] uwzględniono dodatkowo ograniczenia na przestrzeń parametrów modelu CMSSM po odkryciu cząstki Higgsa, przesuwając znacznie spektrum możliwych mas cząstek supersymetrycznych w modelu. Z przeprowadzonej analizy wynika, że Higgsino o masie rzędu 1 TeV odtworza gęstość reliktową materii, według Habilitanta jest to bardzo dobry kandydat na ciemną materię we Wszechświecie. W rozprawie pojawia się stwierdzenie, iż Higgsino o masie rzędu 1 TeV "wyłania się zupełnie naturalnie, gdy tylko w zaktualizowanej funkcji wiarygodności zostanie uwzględniona masa bozonu Higgsa." Nie widzę w tym niczego naturalnego, ponieważ dodatkowe dane "podbijają" masy Higgsina, lepiej nie nadużywać terminu "naturalność".

W pracach [H3,H4] przeanalizowano perspektywy detekcji neutralin w ramach tzw.

fenomenologicznego modelu MSSM. W pracy [H4] pokazano, że w tych szczególnie trudno dostępnych obszarach przestrzeni parametrów - o zakresie mas neutralina od 1 do kilku TeV, najlepszą perspektywą wykrycia cząstki ciemnej materii może być pośrednia detekcja neutralina za pomocą teleskopów promieni gamma, np. w sieci teleskopów Cherenkova. Ciekawym wnioskiem jest, iż tego typu detektory mogą okazać się niezbędnym narzędziem do testowania zakresów parametrów różnych modeli SUSY, które w przeciwnym razie byłyby całkowicie poza zasięgiem innych eksperymentów. Szczególnie taka komplementarność jest istotna w połączeniu z analizą parametrów modelu w LHC. Szkoda, że w rozprawie nie przedyskutowano w tym kontekście czy przyszły akcelerator FCC-hh, którego energia ma dochodzić do 100 TeV zmieni sytuację. Myślę, że jest to godny uwagi i głębszej analizy temat ponieważ zderzacz protonów o energii 100 TeV powinien mieć potencjał pozwalający albo wykryć WIMP-y albo wykluczyć najprostsze modele zawierające takie cząstki.

Z kolei w pracy [H6] za cel postawiono sobie odpowiedź na pytanie jakie informacje o WIMP-ach można by uzyskać w przypadku zarejestrowania prawdziwego sygnału ciemnej materii w bezpośredniej detekcji lub w eksperymentach promieniowania gamma. W szczególności pokazano, iż przy niskiej masie cząstek ciemnej materii, rekonstrukcja higgsina z bezpośredniej detekcji może pomóc w interpretacji stanów końcowych WIMP-ów w pośredniej detekcji.

W rozprawie dyskutowane są także efektywne modele oraz modele z uproszczonym spektrum mas i jego bogatszymi wersjami (praca [H7]). Zwrócono uwagę na to, że bogatsze spektrum oddziaływań może wprowadzać interferencyjną destrukcję i tłumić przekroje czynne. Efekty takie można uzyskać w modelach z dodatkowym bozonem Z' lub cząstkami Higgsa.

Ostatnia praca [H8] pokazuje, że przyjęcie parametrów w modelach, które tłumaczą równocześnie mionową anomalię $g-2$ oraz problem ciemnej materii prowadzi do silnych ograniczeń na dopuszczalną przestrzeń parametrów i pozwoli określić specyficzne sygnały w HL-LHC oraz przy bezpośredniej detekcji ciemnej materii.

Podsumowując, rozprawa zawiera interesujący materiał dotyczący analiz modeli związanych z problemem ciemnej materii. Praca dobrze bilansuje bogatą fenomenologię związaną z zagadnieniami ciemnej materii z teorią WIMP-ów i modelami za nią stojącymi.

3. Działalność dydaktyczna, popularyzatorska i organizacyjna.

Dr Sessolo wspomagał organizację dwóch konferencji w Warszawie, prowadził zajęcia dla studentów na dwóch uczelniach w USA, był promotorem pomocniczym jednego doktoratu, recenzował kilka prac naukowych. W dokumentach nie doszukałem się informacji na temat aktywności popularyzatorskiej Habilitanta.

Podsumowanie

Opisane przez Habilitanta w autoreferacie osiągnięcia naukowe w pełni spełniają formalne wymagania stawiane kandydatom w przewodach habilitacyjnych. Pozostała działalność zawodowa dr Sessolo nie jest już w mojej ocenie tak imponująca, jednak jest wystarczająca aby uznać, że Habilitant spełnia wszystkie formalne wymogi do otrzymania stopnia doktora habilitowanego.

Popieram wniosek o nadanie dr Enrico Marii Sessolo stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.



prof. dr hab. Janusz Gluza