

## Ocena osiągnięć naukowych stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego doktora Krzysztofa Rolbieckiego

### 1. Wprowadzenie

Niniejsza ocena powstała w oparciu o zestaw dokumentów nadesłanych z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, w skład którego wchodzi: autoreferat w języku polskim i angielskim, wykaz publikacji, wykaz pozostałych osiągnięć, oświadczenie habilitanta o indywidualnym wkładzie w prace, analogiczne oświadczenia współautorów oraz zestaw sześciu prac stanowiących osiągnięcie naukowe. Podstawą prawną oceny jest ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach ... (Dz. U. z 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311); rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2016 r. poz. 1586); rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz. U. z 2011 r. poz. 1165).

### 2. Ocena osiągnięcia naukowego zatytułowanego "Fizyka skwarków top w LHC"

Przedstawione osiągnięcie naukowe składa się z cyklu sześciu publikacji. Są one dobrze powiązane tematycznie poprzez dwa słowa-klucze: LHC oraz skwarki top. LHC jest największym działającym zderzaczem cząstek na świecie a prowadzone przy nim eksperymenty są obecnie najistotniejszym źródłem wiedzy o oddziaływaniach fundamentalnych. Habilitant dokonał więc doskonałego i bardzo aktualnego wyboru tematyki badawczej. Jego prace przedstawione jako osiągnięcie obejmują lata 2009-2016, czyli zarówno okres przed uruchomieniem LHC jak i pierwsze lata zbierania danych. Jednocześnie ostatnia praca jest sięgnięciem w przyszłość, kiedy być może powstanie ulepszonej wersji LHC nazwana HL (high luminosity) LHC.

Drugie słowo-klucz to stop, czyli supersymetryczny partner kwarku t. Poszukiwanie nowej fizyki jest głównym celem eksperymentów przy LHC. Bez danych doświadczalnych nie ma możliwości weryfikacji, która z wielu proponowanych teorii jest realizowana w naturze jako uzupełnienie i rozwinięcie Modelu Standardowego. Jednocześnie niezbędne jest rozwijanie różnych modeli teoretycznych, które można weryfikować. W mojej opinii jest to jedno z ważniejszych zadań stojących przed teorią cząstek elementarnych. Jedną z bardziej popularnych teorii jest od wielu lat supersymetria, proponująca istnienie różniących się spinem superpartnerów dla cząstek z Modelu Standardowego. Partnerem kwarku top byłby skwark top. W tą właśnie tematykę wpisuje się habilitant badając skwark top w różnych wariantach modeli supersymetrycznych. W publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia habilitant konsekwentnie analizuje możliwości znalezienia sygnału skwarku top w LHC i wyznaczeniu jego parametrów takich jak masa, kąt mieszania, faza. Celem publikacji jest z jednej strony analiza danych doświadczalnych LHC pod kątem interpretacji

zaobserwowanych odchylen od Modelu Standardowego jako przejawu supersymetrii. Z drugiej zaś strony, po zniknięciu odchylen w pomiarach LHC autor używa danych do wyznaczenia ograniczen na stop i inne czastki supersymetryczne. Przedstawione prace ulokowane sa na granicy teorii i eksperymentu. Wymaga to od habilitanta dobrej znajomosci zarowno teorii pola i modeli supersymetrycznych jak i realiow analizy danych w eksperymentach. Habilitant porusza sie umiejtnie w obu tych dziedzinach, dajac tym samym dowod dobrej orientacji w biezacej sytuacji zarowno od strony eksperymentu jak i teorii.

Wszystkie prace opublikowane sa w renomowanych miedzynarodowych czasopismach o wysokim impakt factorze. W czterech pracach habilitant byl autorem korespondujacy, a w jednej jest pierwszym autorem ze zlamaną kolejnością alfabetyczną.

Należy podkreślić, że swój wkład w poszczególne prace habilitant ocenia średnio na 66%. Przy pracach wieloautorskich jest to bardzo wysoki, praktycznie dominujący wkład. Jednocześnie przy wszystkich pracach habilitant zaznacza, że miał udział, lub wręcz był autorem koncepcji pracy.

Poniżej omówię pokrótce poszczególne prace przedstawione jako osiągnięcie przez doktora Rolbieckiego.

- W pracy [1] analizowane są kanały rozpadu skwarku top na chargina i neutralina. Autorzy pokazują, że jednoczesne pomiary stosunków rozpadów tych kanałów w eksperymentach przy zderzaczu LHC pozwolą na wyznaczenie ograniczen na parametry mieszania (kąt mieszania i fazę) oraz na masę skwarków top. Aby zmniejszyć bład eksperymentalny autorzy proponują użycie ilorazów stosunków rozpadów. Proponowane podejście ma charakter niezależny od modelu i zostało zastosowane do analizy trzech różnych scenariuszy typu MSSM. Autorzy zastrzegają się jednak, że szczegółowe pomiary mogą wymagać znajomości struktury sektora supersymetrycznego, co może wykraczać poza możliwości badawcze LHC i wymagać zderzacza następnej generacji. Praca [1] powstała przed rozpoczęciem pracy zderzacza LHC stąd nie zawiera odniesienia do rzeczywistych danych.
- W pracy [2] habilitant kontynuuje studia nad możliwościami poszukiwania sygnałów supersymetrii w LHC. Tym razem koncentruje się na efektach łamania symetrii CP. W tym celu analizuje kaskadowe rozpady skwarków top. Konstruuje on iloczyny mieszane z czteropędów produktów rozpadu. Następnie przy ich pomocy definiuje asymetrie czułe na efekty łamania CP. Istotnym elementem proponowanej procedury jest adaptacja metody bezpośredniej rekonstrukcji kinematycznej czteropędów wszystkich produktów rozpadu. Powyższy formalizm autorzy stosują do modelu typu minimal supergravity i wyznaczają obszar przestrzeni parametrów teorii, który może być zaobserwowany doświadczalnie w LHC.
- W odróżnieniu od dwóch poprzednich, praca [3] została napisana w trakcie działania zderzacza LHC. Jest ona analizą odchylen od modelu standardowego

znalezionych przez kolaboracje ATLAS i CMS w produkcji par bozonów  $W$  w leptonowym kanale rozpadu. Autorzy proponują wyjaśnienie anomalii jako sygnał produkcji par skwarków top. Ponieważ skwarki top rozpadają się na hadrony, autorzy proponują mechanizm tłumienia dżetów w stanie końcowym tak aby były zbyt miękkie do detekcji. Wynikiem pracy jest skan przestrzeni mas stop-neutralino wyznaczający obszary mas zgodne z sygnałem  $WW$ . Preferowana masa stopu otrzymana przez autorów leży poniżej 250 GeV. Autorzy zaproponowali również zmienną kątową, w której można skuteczniej przeprowadzić rozróżnienie sygnału nowych cząstek stop od efektów w ramach modelu standardowego.

- Praca [4] jest kontynuacją pracy [3]. Autorzy rozwijają dalej analizę nadwyżki w produkcji par  $W$  w kanale dwuleptonowym. Dodatkowo analizują nadwyżkę w kanale trójleptonowym, za którą może odpowiadać produkcja chargina i neutralina. Autorzy wybierają uproszczony model z zadaną hierarchią mas i częściową ich degeneracją. W ramach tego modelu przeprowadzają globalny fit do danych LHC. Używają w tym celu szeregu programów, począwszy od HERWIG++ do generacji przypadków Monte Carlo dla modelu a skończywszy na programach ATOM i CheckMATE do analizy danych. Po przeprowadzeniu skanu po przestrzeni mas analizowanych cząstek supersymetrycznych autorzy podają ich dopuszczalne zakresy. Aby poprawić identyfikację sygnału SUSY autorzy, podobnie jak w poprzedniej pracy [3] proponują użycie asymetrii w dedykowanej zmiennej kątowej. Autorzy zaznaczają, że dalsze analizy danych LHC będą czułe na proponowany model. Niestety, późniejsze dane LHC nie potwierdziły odkrycia.
- Praca [5] dotyczy również pomiarów produkcji par  $W$  w LHC. Jednakże sytuacja eksperymentalna jest już inna: na skutek korekty obliczeń teoretycznych dane doświadczalne zgadzają się z Modelem Standardowym. W tym kontekście habilitant używa tych danych do wyznaczenia silniejszych ograniczeń na masę skwarku top. Metodologia pracy jest podobna do [4]. Przypadki Monte Carlo są wygenerowane przez programy MadGraph5 i Pythia6 a następnie analiza przypadków przeprowadzona za pomocą programu CheckMATE. Zakładając różne relacje mas cząstek SUSY autor dostaje ograniczenia na masę stop nawet na poziomie 220 GeV.
- Ostatnia praca, [6], poświęcona jest możliwościom detekcji "naturalnej supersymetrii" (skale mas SUSY rzędu masy bozonu  $Z$ ) w nadchodzących etapach pracy LHC: 20/fb (2016), 100/fb (2018), 300/fb (2020-2023) oraz 3000/fb (HL LHC). Używając podobnych jak poprzednio narzędzi (Pythia i CheckMATE) autorzy wyznaczają dopuszczalne i wykluczone obszary mas skwarku  $t$  i gluina. Ogólna konkluzja pracy jest raczej pesymistyczna, stwierdzając, że brak jakiegokolwiek sygnału w trakcie roku 2016 (co istotnie miało miejsce) będzie oznaczał wykluczenie większości przestrzeni badanych mas. Jediną szansą byłoby znaczne poprawienie błędów systematycznych w dalszych etapach pracy LHC.

Obecne dane z LHC wskazują raczej na brak cząstek supersymetrycznych w naturze.

Mogło by to budzić zastrzeżenia co do sensowności podejmowania i kontynuacji takiej tematyki. Jednakże, jak zaznaczyłem powyżej, tworzenie i weryfikacja, czasami negatywna, różnych modeli jest jedyną drogą postępu w naszym rozumieniu mikroświata. Dlatego uważam wybór tematyki i jej kontynuację za uzasadnioną.

Reasumując, osiągnięcie naukowe "Fizyka skwarków top w LHC" uważam za wartościowe i wnoszące znaczny wkład w rozwój dyscypliny. Pewną słabością autoreferatu w części omawiającej osiągnięcie naukowe jest jego zbyt krótkość i lakoniczność.

### **3. Ocena istotnej aktywności naukowej**

Dr Rolbiecki uzyskał tytuł magistra fizyki teoretycznej w roku 2003 na Uniwersytecie Warszawskim. Pięć lat później, w r. 2008, otrzymał tytuł doktora nauk fizycznych na tym samym Uniwersytecie. Obydwie rozprawy dotyczyły modeli supersymetrycznych. Po otrzymaniu tytułu doktora habilitant udał się na trzy zagraniczne staże podoktorskie: na Uniwersytecie w Durham, w ośrodku DESY w Hamburgu i na Uniwersytecie w Madrycie. Następnie objął posadę adiunkta na Uniwersytecie Warszawskim. Taki rozwój kariery naukowej, oparty o poszerzanie wiedzy i kontaktów naukowych poprzez staże w innych ośrodkach, można śmiało nazwać wzorcowym.

Dorobek publikacyjny habilitanta obejmuje 31 artykułów po doktoracie i 4 przed doktoratem oraz 20 doniesień konferencyjnych. Według bazy inSPIRE łączna liczba cytowań jego prac wynosi 1413 a indeks  $h=20$ . Dane te znacząco odbiegają od danych uzyskanych z bazy Web of Science, którą uważam osobiście za mniej wiarygodną. Habilitant miał ponad 50 wystąpień konferencyjnych i proszonych seminariów. Tematyka jego dorobku naukowego poza przedłożonym osiągnięciem naukowym dotyczy prawie całkowicie modeli supersymetrycznych rozszerzających dotychczas obowiązujący Model Standardowy. Habilitant skupia się na dwóch aspektach. Z jednej strony na analizie danych z LHC i wypływających z nich ograniczeń na modele supersymetryczne. Jak już wspominałem LHC to najbardziej aktualny i najważniejszy obecnie eksperyment w fizyce wysokich energii i poszukiwanie nowej fizyki w LHC to wybór tematyki świadczący o dobrej orientacji i dojrzałości naukowej habilitanta. Z drugiej strony, w serii prac habilitant analizuje potencjał badawczy eksperymentów przy następnej, projektowanej, generacji zderzaczy liniowych e-e- typu ILC. Jest to przyszłościowa i również centralna tematyka, otwierająca perspektywę badawczą na szereg lat. W obu tych tematach habilitant otrzymał interesujące wyniki w formie ograniczeń, określenia dokładności pomiarowej czy konstrukcji sygnatur eksperymentalnych. Ponadto habilitant podkreśla swój udział w rozwoju oprogramowania do analiz modeli supersymetrycznych i ich weryfikacji poprzez porównanie z danymi LHC. Jest to program CheckMATE oraz projekt SUSY-AI. Ten drugi projekt oparty jest o interesujący, i przyszłościowy mechanizm uczenia maszynowego, pozwalającego na poważne przyspieszenie analizy. Są to istotne projekty z punktu widzenia całej społeczności naukowej, która ich używa.

W ramach współpracy międzynarodowej dr Rolbiecki bierze udział w trzech międzynarodowych projektach o charakterze komputerowym: 1) CheckMATE, wcześniej już omówiony program do analizy modeli nowej fizyki pod kątem ich zgodności z

danymi doświadczalnymi, 2) SUSY-AI podobny program, ale oparty na metodzie uczenia maszynowego oraz 3) iDark, dedykowany do testowania modeli ciemnej materii. Ponadto dr Rolbiecki był członkiem sieci badawczej HEPTools o zasięgu europejskim. Pośród innych osiągnięć habilitanta wymienia: kierowanie jednym projektem badawczym NCN oraz udział w sześciu innych grantach, udział w komitetach organizacyjnych trzech konferencji, recenzowanie publikacji w czasopiśmie, nieformalną pomoc w opiece nad kilkorgiem doktorantów oraz szereg zajęć dydaktycznych ze studentami (głównie ćwiczeń). Jest to moim zdaniem dobry dorobek, pokazujący wszechstronność habilitanta w różnych aspektach działalności naukowej.

Reasumując, kandydat jest w pełni ukształtowanym samodzielnym pracownikiem naukowym a jego istotna aktywność naukowa, zarówno ilościowo jak i jakościowo, jest w pełni wystarczająca do wystąpienia o stopień doktora habilitowanego.

#### **4. Konkluzje**

Na podstawie powyższej analizy materiałów, uważam, że przedstawione osiągnięcia naukowe Pana doktora Rolbieckiego zatytułowane "Fizyka skwarków top w LHC" stanowi znaczny wkład habilitanta w rozwój dyscypliny a habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową. Tym samym kandydat w pełni spełnia wymogi ustawowe do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania i nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.

Kraków, 31 lipca 2017

Prof. dr hab. Maciej Skrzypek  
IFJPAN Kraków

