

Kraków, 10.08.2017

dr hab. Leszek Motyka
Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński
ul. prof. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
email: leszek.motyka@uj.edu.pl

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym doktora Krzysztofa Rolbieckiego

Z przyjemnością stwierdzam, że przedstawiony cykl artykułów, osiągnięcia naukowo-badawcze, dydaktyczne i organizacyjne doktora Krzysztofa Rolbieckiego z nawiązką wypełniają wymagania ustawowe potrzebne do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

1. Dziedzina badań

Doktor Rolbiecki zajmuje się badaniami teoretycznymi w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych. Jego główna specjalność to teoretyczna analiza sygnałów hipotetycznego supersymetrycznego rozszerzenia Modelu Standardowego. Ze względu na swoje własności teoretyczne i fenomenologiczne, supersymetryczne rozszerzenie Modelu Standardowego jest podstawowym scenariuszem referencyjnym dla poszukiwania sygnałów nowych cząstek fundamentalnych w Wielkim Zderzaczu Hadronów (Large Hadron Collider, LHC) i potencjalnym polem przełomowych odkryć. Supersymetria, która łączy symetrie czasoprzestrzenne (grupy Poincaré) i wewnętrzne symetrie pól, może mieć bardzo doniosłe implikacje sięgające poza klasyczną fizykę cząstek elementarnych: dla zrozumienia kwantowej teorii pola i jej uogólnień, dla unifikacji oddziaływań elementarnych i – być może – grawitacji oraz dla kosmologii. Wyniki badawcze dr. Rolbieckiego należą zatem do głównego nurtu badań we współczesnej fizyce cząstek elementarnych i, jeśli supersymetria jest realizowana w przyrodzie i zostanie odkryta w LHC, mogą mieć ogromną wartość poznawczą.

Poszukiwania supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego są złożone ze względu na dużą ilość swobodnych parametrów takich rozszerzeń, wprowadzanych przede wszystkim przez słabo ograniczony teoretycznie mechanizm łamania supersymetrii. Większość z tych parametrów można powiązać z masami nowych, hipotetycznych cząstek, będących supersymetrycznymi partnerami cząstek standardowych, lub z elementami macierzy mieszania nowych cząstek. Bogata przestrzeń parametrów rozszerzonych modeli powoduje, że możliwe są realizacje różnorodnych scenariuszy dotyczących hierarchii mas i mieszania cząstek, co prowadzi do wielu możliwych, jakościowo odmiennych, sygnatur supersymetrii w eksperymentach akceleratorowych. Dlatego badania teoretyczne modeli supersymetrycznych wymagają próbkowania szerokiej (pod-) przestrzeni możliwych parametrów i rozważania istotnie różnych fenomenologicznie reżimów tej teorii.

2. Osiągnięcie naukowe

Jako główne osiągnięcie naukowe (w rozumieniu zapisów właściwej ustawy) dr Krzysztof Rolbiecki przedłożył cykl sześciu oryginalnych prac naukowych opublikowanych w znakomitych międzynarodowych czasopismach naukowych (JHEP, Phys. Rev. D, Phys. Lett. B, Eur. Phys. J. C, sumaryczny impact factor czasopism dla tego cyklu wynosi 29.8). Ten cykl prac, pod wspólnym tytułem: „Fizyka skwarków top w LHC”, jest ściśle powiązany tematycznie – we wszystkich pracach badana jest fizyka supersymetrycznego partnera kwarku top, czyli skwarku top (lub stop). Prace ukazały się w latach 2011–2016 w jednorodnym rytmie czasowym.

Przedłożone zostały oświadczenia dr. Rolbieckiego oraz współautorów prac cyklu, z których wynika jednoznacznie, że dr Rolbiecki był kluczowym autorem we wszystkich tych pracach. W teoretycznej fizyce cząstek elementarnych zdecydowana większość dobrych prac powstaje w niewielkich zespołach

badawczych, tak jest i w tym przypadku. Jak jednak wynika z oświadczeń, dr Rolbiecki w większości z tych prac miał decydujące znaczenie jeśli idzie o część koncepcyjną i podstawową treść fizyczną. To przesądza o jednoznacznie pozytywnej ocenie udziału dr. Rolbieckiego w otrzymaniu tych wyników i jego znaczenia dla powstania tego cyklu. Wniosek ten jest w pełni potwierdzony analizą pozostałego dorobku habilitatna.

Fizyka cząstki stop jest szczególnie interesująca dla poszukiwań supersymetrii w LHC. Jednym z najważniejszych argumentów teoretycznych przemawiających za przyjęciem hipotezy supersymetrii jest dostarczenie naturalnego rozwiązania problemu niskiej masy bozonu Higgsa. W Modelu Standardowym silne poprawki do masy bozonu Higgsa pochodzą m.in. od wirtualnych pętli kwarku top, związana z tym efektem ewolucja masy bozonu Higgsa poprzez grupę renormalizacji jest bardzo szybka, co, w scenariuszach unifikacji oddziaływań, prowadzi typowo do bardzo dużych mas bozonu Higgsa, chyba że parametry początkowe modelu są bardzo precyzyjnie dostrojone. Jest to tzw. „*fine tuning problem*”. W modelach supersymetrycznych ten problem może zostać rozwiązany w naturalny sposób, o ile skwark top jest relatywnie lekki (masa mniejsza od około 1 TeV). Przy takiej masie, wirtualne poprawki pochodzące od stop kasują silne rozbieżności pochodzące od pętli kwarku top w propagatorze lekkiego neutralnego supersymetrycznego bozonu Higgsa i można w naturalny sposób wyjaśnić relatywnie niewielką masę bozonu Higgsa. Wynika z tego, że postulat naturalności masy bozonu Higgsa implikuje relatywnie niewielką masę skwarku top, w zakresie dostępnym dla eksperymentów LHC. Dodatkowo, w naturalny sposób s-partnerzy kwarków top o różnych chiralnościach (\tilde{t}_L i \tilde{t}_R) mieszają się poprzez macierz unitarną z zespolony czynnikiem fazowym. Taki czynnik jest źródłem łamania symetrii CP i może wyjaśnić problem asymetrii między barionami i antybarionami we Wszechświecie. Od strony fenomenologiczno-eksperymentalnej, fizyka stopu także jest interesująca. W szczególności relatywnie lekki stop – o masie niewiele większej od kwarku top – może być trudny do bezpośredniej detekcji, ze względu na szybko zachodzący rozpad na kwark top i bardzo lekkie neutralino lub grawitino, którego bezpośredni pomiar byłby niemal niemożliwy.

W tym kontekście, prace wchodzące w skład cyklu „Fizyka skwarku top w LHC” można podzielić na trzy podgrupy:

A. Prace [1] i [2] (oznaczenia za załączoną przez habilitanta listą prac) są poświęcone możliwościom eksperymentalnego wyznaczenia kąta mieszania i zespolonego czynnika fazowego w macierzy mieszczania skwarków top \tilde{t}_L i \tilde{t}_R . Zostało w nich wykazane, że można zbudować asymetrię potrójnego iloczynu pędów cząstek z rozpadu stopów, która pozwala zmierzyć macierz mieszania stopów. Zastosowanie tej metody napotyka jednak na praktyczne problemy, związane z kinematycznym rozmyciem obserwowanej asymetrii. Autorzy dyskutują metodę poprawienia dokładności pomiaru tej obserwacji poprzez pełną rekonstrukcję pędów cząstek w kaskadzie z rozpadu stopów oraz dyskutują szczegółowo możliwości zmierzania elementów macierzy mieszania stopów w LHC w różnych scenariuszach realizacji supersymetrii. Zarówno zaproponowana metoda, jak dyskusja czułości eksperymentów na parametry mieszania stopów są cennymi wynikami, które będą bardzo użyteczne w pomiarach parametrów modelu supersymetrycznego, o ile zostanie odkryty w LHC.

B. W pracach [3], [4] i [5] dyskutowane jest możliwe wyjaśnienie nadwyżki produkcji par bozonów W^+W^- przy masie niezmienniczej około 2 TeV przez wkłady od skwarków top oraz ograniczenia dla parametrów skwarku top wynikające z pomiarów produkcji ciężkich dibozonów. Doniesienia o takiej nadwyżce opublikowały w 2012 roku kolaboracje ATLAS i CMS, prowadzące pomiary na LHC. Późniejsze pomiary na większej próbie danych nie potwierdziły tej nadwyżki, ale początkowe doniesienia mogły implikować bardzo znaczące odkrycie. W pracach [3] i [4] autorzy badają, czy hipotetyczna nadwyżka produkcji ciężkich dibozonów może być wyjaśniona przez ich produkcję z rozpadów stopów. Przeprowadzona jest dyskusja zgodności takiej hipotezy z innymi pomiarami z LHC, w tym z wynikami bezpośredniego poszukiwania skwarków oraz wyznaczają zakres parametrów modelu supersymetrycznego, który byłby zgodny z danymi. Praca [5] opublikowana już po tym, jak nadwyżka dibozonów obserwowana w

pierwszych pomiarach okazała się fluktuacją statystyczną, opiera się na metodologii prac [3] i [4] i dokładniejszych wynikach pomiarów, by wyprowadzić z danych dokładniejsze ograniczenia na parametry supersymetrycznego rozszerzenia Modelu Standardowego. Prace należące do tej grupy są ciekawe i ważne, w szczególności pokazują zdolność autorów do szybkiego zinterpretowania potencjalnej anomalii w danych LHC jako sygnału Nowej Fizyki lub efektywnego wykorzystania wyników pomiarów dla narzucenie ograniczeń na modele Nowej Fizyki oraz dowodzą, że autorzy są dobrze przygotowani do udziału w ewentualnym ważnym odkryciu.

C. Praca [6] rozwija podejście przyjęte w pracy [5]. Prowadzona jest w niej analiza potencjału odkrycia cząstek supersymetrycznych w LHC, zakładając scenariusz naturalnej supersymetrii, z relatywnie lekkimi skwarkami top w spektrum cząstek. Dyskutowane są w niej także implikacje braku anomalii w dotychczasowych pomiarach LHC dla możliwego odkrycia supersymetrii w całym programie LHC. Jest to bardzo kompetentna i użyteczna syntetyczna praca, która potwierdza ekspercki poziom habilitanta w dziedzinie fenomenologii skwarku stop i naturalnej supersymetrii w LHC. Już w ciągu roku, który upłynął od publikacji w formie preprintu, stała się ważną pozycją referencyjną dla kilkunastu publikacji i preprintów.

Podsumowując, wszystkie prace wchodzące w skład cyklu mają wysoką wartość naukową pod każdym względem. Są to prace dotyczące ważnej i aktualnej (a czasem wręcz „gorącej”) tematyki — poszukiwań Nowej Fizyki w LHC, prezentujące nowe, istotne pomysły i wnioski, zaawansowane warsztatowo, otwarte na możliwość odkryć o dużej wadze, z implikacjami dla dalszych badań, czytane i cytowane. W momencie składania wniosku, prace cyklu cytowane były łącznie 152 razy wg bazy artykułów INSPIRE, co oznacza znaczący wpływ na badania. Cykl prac jest spójny i jednoznacznie pokazuje, że dr. Rolbiecki ma głęboką, ekspercką znajomość prezentowanej tematyki. Z przyjemnością oceniam zaprezentowany cykl prac jako znakomity.

3. Ocena dorobku naukowo-badawczego

Przynajmniej od swojej pracy magisterskiej, obronionej w 2003 roku, dr Rolbiecki prowadzi badania teoretyczne nad modelami supersymetrycznymi, możliwością ich odkrycia w eksperymentach akceleratorowych i wyznaczeniem parametrów nowych cząstek — i, sądząc po bogatym dorobku, jest już ekspertem w tej dziedzinie. Potwierdza to załączona lista publikacji: w sumie jest to 35 oryginalnych artykułów, w tym 31 po uzyskaniu stopnia doktora, w tym 25 poza pracami cyklu „Fizyka skwarku top w LHC”. Lista wystąpień konferencyjnych zawiera 37 pozycji, a doniesień konferencyjnych opublikowanych w materiałach konferencyjnych — 20 pozycji. Takie wskaźniki świadczą jednoznacznie o bardzo wysokiej aktywności badawczej dr. Rolbieckiego. Prace oryginalne napisane po doktoracie zostały opublikowane w wiodących czasopismach naukowych z impakt faktorem około 5–6. Wskaźniki bibliometryczne sumarycznego dorobku są także wysokie, wg bazy INSPIRE całkowita liczba cytowań w marcu 2017 roku wynosiła 1413, a współczynnik Hirscha — 20. Wg bazy Web of Science liczba cytowań to 343, a współczynnik Hirscha to 12.

W dorobku, który jednoznacznie potwierdza wysokie kompetencje i aktywność dr. Rolbieckiego, zwróciły moją szczególną uwagę prace [3,4,10,11,13,14] (numeracja wg załączonej przez habilitanta listy prac). Są to prace, poświęcone możliwym implikacjom dwóch znaczących odchyłeń od przewidywań Modelu Standardowego w eksperymentach prowadzonych na LHC: nadwyżce produkcji par $W+W-$ przy masie niezmienniczej około 2 TeV (rok 2012) i nadwyżce produkcji par fotonów przy masie niezmienniczej 750 GeV (rok 2015). Te nadwyżki były traktowane jako możliwe sygnały Nowej Fizyki, niestety dokładniejsze pomiary nie potwierdziły ich występowania. Tym niemniej, wyżej wymienione publikacje habilitanta dowodzą aktualności jego badań i zdolności szybkiej odpowiedzi na nowe, ciekawe pomiary eksperymentalne. Wg bazy INSPIRE, prace [13] i [14] są cytowane ponad 100 razy każda.

Należy również podkreślić aktywność habilitanta w dziedzinie rozwijania technik informatycznych w zastosowaniu do fizyki. Jest współautorem programów CheckMATE i CheckMATE 2, które umożliwiają

efektywne otrzymanie ograniczeń na parametry modeli rozszerzających Model Standardowy na podstawie pomiarów prowadzonych na LHC i innych istotnych danych. Ma także wyniki naukowe w dziedzinie zastosowań „sztucznej inteligencji” (uczenia maszynowego) do analiz w fizyce cząstek elementarnych [9].

Dr Rolbiecki uczestniczył również w badaniach, które są ważne dla programu rozwoju fizyki cząstek elementarnych, badając teoretycznie potencjał badawczy zderzacza e^+e^- z energią zderzenia rzędu 1 TeV [16,20,21,23,26,29] dla supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego. Te badania są istotne, gdyż pozwalają ocenić korzyści badawcze wynikające z działania takiego urządzenia i współtworzą bazę merytoryczną dla możliwej decyzji o jego budowie.

Inne aspekty działalności naukowo badawczej dr Rolbieckiego oceniam również bardzo wysoko. Habilitant prowadzi obecnie projekt badawczy NCN Sonata, uczestniczył jako wykonawca w czterech dużych projektach zagranicznych i dwóch projektach finansowanych przez Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego. Swoje badania prowadził w zespołach międzynarodowych, we współpracy z badaczami z ośrodków z między innymi: Polski, Wielkiej Brytanii, Niemiec, Hiszpanii, Holandii i RPA. W listopadzie 2016 roku otrzymał indywidualną nagrodę Rektora Uniwersytetu Warszawskiego za osiągnięcia naukowe.

Podsumowując, dr Rolbiecki prowadzi intensywnie ważne badania na znakomitym poziomie naukowym i ma dorobek naukowo-badawczy z ogromnym naddatkiem spełniający ustawowe wymagania.

4. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i współpraca międzynarodowa

Dr Rolbiecki odbył dwa dwuletnie i jeden ponad trzyletni staż postdoktoralny w wiodących ośrodkach badawczych: Institute for Particle Physics Phenomenology w Durham (Wielka Brytania), DESY Theorie w Hamburgu (Niemcy) oraz (trzyletni) na Universidad Autónoma de Madrid (Hiszpania). Podkreślam długi sumaryczny czas staży i najwyższą jakość tych ośrodków. Wygłosił prawie 40 referatów na konferencjach, prawie 20 seminariów w wiodących międzynarodowych ośrodkach. Uczestniczył (nieformalnie) w opiece naukowej nad czworgiem doktorantów, z którymi ma liczne wspólne prace. Prowadził regularne zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie Warszawskim (4 różne lata akademickie, różnorodne kursy z fizyki teoretycznej i matematyki) oraz tutorial dla studentów na Uniwersytecie Durham i na letniej szkole fizyki w Hiszpanii. Trzykrotnie uczestniczył w komitetach organizacyjnych konferencji międzynarodowych, w tym raz w charakterze sekretarza naukowego (konferencja PLANCK 2017, Warszawa 2017). Recenzuje regularnie artykuły dla bardzo dobrych czasopism naukowych: Journal of High Energy Physics i European Physics Journal C.

Podsumowując, dr Rolbiecki ma wybitne osiągnięcia w dziedzinie współpracy międzynarodowej i bardzo dobre doświadczenie dydaktyczne, jak również znaczące doświadczenie organizacyjne i z nią wiązka spełnia wymagania potrzebne do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

5. Podsumowanie

We wszystkich obszarach: osiągnięcia naukowego (w rozumieniu ustawy), dorobku naukowego oraz osiągnięć dydaktycznych i współpracy międzynarodowej, wniosek dr Rolbieckiego z dużym naddatkiem spełnia wymagania ustawowe potrzebne do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Dlatego wnioskuję o nadanie doktorowi Krzysztofowi Rolbieckiemu stopnia doktora habilitowanego oraz o jego wyróżnienie.



dr hab. Leszek Motyka