

Prof. dr hab. Janusz Rosiek  
Instytut Fizyki Teoretycznej  
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
Pasteura 5, 02-093 Warszawa

**Ocena dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej “Status supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w świetle danych z Wielkiego Zderzacza Hadronów” dr Kamili Kowalskiej.**

## 1 Charakterystyka dorobku naukowego

Dr Kamila Kowalska uzyskała tytuł magistra w roku 2001 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, broniąc pod kierunkiem prof. Stefana Pokorskiego pracy pt. “Unifikacja stałych sprzężenia Yukawy w rozszerzeniach Modelu Standardowego”. Profesor Pokorski był również opiekunem jej studiów doktorskich (także na Wydziale Fizyki UW) i promotorem rozprawy doktorskiej “Fizyka zapachu w modelach supersymetrycznych z horyzontalną symetrią  $U(1)$ , obronionej we wrześniu 2006. Po kilkuletniej przerwie w czasie których dr Kowalska nie publikowała prac z fizyki wysokich energii została zatrudniona w Narodowym Centrum Badań Jądrowych, gdzie pracuje do dziś stanowisku adiunkta. W latach 2015-17 dr Kowalska była też na 2-letnim stażu podoktorskim na Technische Universität Dortmund.

Działalność naukowa dr Kowalskiej skupia się na tematyce fenomenologii rozszerzeń Modelu Standardowego (SM), ze szczególnym uwzględnieniem różnych wariantów teorii supersymetrycznych (SUSY) - od najbardziej uproszczonych wersji Minimalnego Supersymetrycznego Modelu Standardowego (MSSM), tzw. CMSSM, przez ogólne wersje MSSM z pełną strukturą zapachową aż po dalsze rozszerzenia na modele nie-minimalne (NMSSM). Większość jej prac dotyczy uzyskiwania, przy pomocy zaawansowanych technik statystycznych, ograniczeń na parametry tych modeli w oparciu o dane doświadczalne z naziemnych eksperymentów fizyki wysokich energii albo pomiarów astrofizycznych. Analizy takie są ważne bo pomagają zogniskować wysiłki eksperymentatorów na procesach i pomiarach najbardziej obiecujących w dalszym testowaniu takich teorii. Warto przy tym wspomnieć że badania nad teoriami supersymetrycznymi wyznaczały przez wiele lat główny kierunek poszukiwań rozszerzeń SM, podnosząc wagę badań habilitantki.

Poza pracami opierającymi się głównie na statystycznej analizie i interpretacji danych doświadczalnych w kontekście różnych wariantów MSSM, dr Kowalska zajmowała się też bardziej teoretycznymi rozważaniami dotyczącymi modeli mas fermionów (praca P13), unifikacją stałych Yukawy w teoriach Wielkiej Unifikacji (prace P7 i P15) a nawet analizą

statystyczną zachowań użytkowników sieci WWW (praca P12).

W swoim autoreferacie z lipca 2018 dr Kowalska podaje że jest autorką lub współautorką 21 publikacji (18 powstałych po doktoracie), z łącznym indeksem Hirscha  $h = 12$  wg bazy Spires ( $h = 11$  wg WoS), z tego 6 prac weszło w skład jej rozprawy habilitacyjnej. W momencie pisania tej recenzji, baza SPIRES przypisuje już dr Kowalskiej 31 publikacji i indeks  $h = 15$  oraz łączną ilość cytowań 773 (621 bez autocytowań). Tak duży przyrost w ciągu roku pokazuje na dużą aktualną aktywność naukową habilitantki. Z tej liczby, 22 prace zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach, i wyłączając 2 prace powstałe w czasie studiów magisterskich lub tuż po nich, wszystkie ukazały się w najbardziej renomowanych i mających wysokie Impact Factor czasopismach w dziedzinie fizyki wysokich energii - JHEP, Eur.Phys.J. C, Phys.Rev. D (oraz jeden przegląd w Adv.High Energy Phys.). Pozostałe prace w większości ukazały się w materiałach konferencyjnych.

Należy zauważyć że tylko w 3 pracach (2 po doktoracie) dr Kowalska jest jedyną ich autorką, wszystkie pozostałe mają współautorów. Jednak jak wynika z załączonej ankiety, w znacznej większości prac grupowych jej wkład jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalny do liczby autorów lub większy, czyli była ona równoprawną członkinią każdego z pracujących nad daną publikacją zespołów.

Dr Kowalska prezentowała też swoje rezultaty na licznych konferencjach międzynarodowych, jak wynika z dołączonych materiałów wygłosiła w latach 2012-17 13 referatów na sesjach równoległych i 1 na sesji plenarnej.

Podsumowując, dr Kowalska zgromadziła już pokaźny dorobek naukowy, obejmujący też doświadczenia we współpracy międzynarodowej.

## 2 Ocena rozprawy habilitacyjnej

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe nosi tytuł "Status supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w świetle danych z Wielkiego Zderzacza Hadronów". Opiera się ona na jednotematycznym cyklu 6 publikacji opublikowanych w latach 2013-2017, wszystkie w dobrych czasopismach o międzynarodowym zasięgu. W 2 z tych prac dr Kowalska jest jedynym autorem, w pozostałych 4 jest pierwszym autorem, ale jak sędzę wynika to po prostu z naturalnej kolejności alfabetycznej nazwisk współpracowników. Tym niemniej wg oświadczenia habilitantki, potwierdzonego przez pozostałych autorów, we wszystkich tych pracach jej wkład był dominujący albo co najmniej większy niż wynikał by z proporcjonalnego podziału.

W skład osiągnięcia naukowego habilitantka włączyła następujące prace (cytowania na dzień 11.09.2019 wg Spires):

- H1) K. Kowalska, L. Roszkowski, E.M. Sessolo. *Two ultimate tests of constrained supersymmetry*, JHEP 1306 (2013) 078. *44 cytowania*
- H2) K. Kowalska, E.M. Sessolo. *Natural MSSM after the 8 TeV LHC run*, Phys.Rev. D88 (2013) 7, 075001 *47 cytowań*
- H3) K. Kowalska. *Phenomenology of SUSY with General Flavor Violation*, JHEP 1409 (2014) 139. *21 cytowań*
- H4) K. Kowalska, L. Roszkowski, E.M. Sessolo, A. Williams. *GUT-inspired SUSY and*

*the muon  $g - 2$  anomaly: prospects for LHC 14 TeV*, JHEP 1506 (2015) 020. 56 cytowań

H5) K. Kowalska. *Phenomenological MSSM in light of new 13 TeV LHC data*, Eur.Phys.J C76 (2016) no 12, 684. 19 cytowań

H6) K. Kowalska, E.M. Sessolo. *MSSM fits to the ATLAS 1 lepton excess*, Eur.Phys.J C77 (2017) no 2, 79. 1 cytowanie

Przedstawiona do oceny grupa publikacji jest spójna tematycznie i metodologicznie. Generalnie, wszystkie dotyczą badania metodami statystycznymi różnych aspektów fenomenologii modeli supersymetrycznych, zasadniczo mniej lub bardziej ogólnych wersji Minimalnego Supersymetrycznego Modelu Standardowego, w kontekście znanych ograniczeń doświadczalnych - nie tylko otrzymanych w eksperymentach LHC jak w tytule habilitacji, ale także pochodzących z pomiarów w fizyce zapachu czy astrofizyce. Badane aspekty to (używając określenia autorki) "reinterpretacja" ograniczeń na parametry SUSY w stosunku do publikowanych analiz kolaboracji ATLAS i CMS) (prace H2 i H5), ocena na ile takie ograniczenia mogą zostać ulepszone wraz ze wzrostem energii osiąganych w LHC (praca H4), ograniczenia na parametry modeli SUGRA wynikające dołączenia do innych danych eksperymentalnych także precyzyjnego pomiaru masy cząstki Higgsa (prace H1 i H3) i próba oceny statystycznej wiarygodności wyjaśnienia pewnych anomalii eksperymentalnych jako produkcji cząstek SUSY (praca H6).

Prace H2 i H5 są w mojej ocenie istotne bo zwracają uwagę na pewne niedostatki (przynajmniej niektórych) analiz doświadczalnych. MSSM w pełnej ogólności ma ponad 100 wolnych parametrów. Grupy doświadczalne w oczywisty sposób w swoich analizach muszą dokonywać uproszczeń i redukować tę liczbę. W rezultacie publikowane przez nie ograniczenia na parametry supersymetryczne są nie tylko funkcją realnych pomiarów, ale także zestawu przyjętych założeń, i na ogół nie można ich interpretować jako ograniczeń "bezwzględnych". Prace H2 i H5 pokazują jak interpretacja pomiarów w LHC przy energiach 8 i 14 TeV zmienia się wraz ze wzrostem liczby uwzględnianych stopni swobody MSSM. Wg. mojej wiedzy taka strategia analiz jest zresztą obecnie coraz powszechniej stosowana od razu w publikacjach kolaboracji ATLAS czy CMS. Uwzględnienie większej liczby parametrów wymagało zebrania i użycia zestawu złożonych narzędzi komputerowych (częściowo publicznie dostępnych, częściowo stworzonych przez autorów) i poważnej analizy numerycznej. Pewne wątpliwości budzi wg. mnie sposób prezentacji wyników skanów numerycznych, jako "procent punktów wykluczonych w przestrzeni parametrów". Obszary wykluczone w 100% mają jasną interpretację - pokazują, na ogół w 2-wymiarowym rzucie na płaszczyznę wybranej pary parametrów, aktualne dolne granice na te wielkości. Natomiast informacja że wykluczone jest np. 25% punktów nie mówi wiele - znacznie istotniejsze jest które parametry są ciągle dozwolone a które nie, i dlaczego, jakie mechanizmy za tym stoją. W pracach H2 i H5 takie korelacje między parametrami są do pewnego stopnia dyskutowane, ale w moim odczuciu ta część mogłaby zostać pogłębiona, np. jeżeli autorzy zdecydują się na powtórzenie analiz uwzględniając nowe wyniki doświadczeń. Rozwinięciem prac H2 i H5 jest praca H4, która używając podobnych technik statystycznych prognozowała jakie obszary parametrów SUSY będą mogły zostać przebadane przy podniesieniu energii LHC do 1 TeV - w obecnej chwili te wyniki są już mniej istotne jako że takie eksperymenty zostały przeprowadzone i pojawiają się ich aktualne, nie przewidywane, wyniki.

Prace H1 i H3 badają jak zmierzona po jej odkryciu wartość masy cząstki Higgsa ogranicza strukturę parametrów MSSM. Za szczególnie ciekawą i oryginalną uważam tu pracę H3. Analizy typu H1, gdzie zakłada się ograniczony model CMSSM i tak zwany scenariusz Minimal Flavor Violation pojawiały się wcześniej w literaturze, dr Kowalska i współpracownicy pokazali dodatkowo że po poszerzeniu zakresu rozpatrywanych parametrów, np. uwzględnieniu cięższych mas miękko łamiących supersymetrię, model CMSSM jest dalej zgodny z mierzoną wartością  $M_h = 125$  GeV. Natomiast publikacja H3 rozpatruje ten problem wychodząc poza założenie Minimal Flavor Violation, co wg. mojej wiedzy nie było wcześniej rozważane, i poza włączeniem do skanów numerycznych większej ilości parametrów wymagało także dodatkowych obliczeń teoretycznych i wyprowadzenia formuł na zależność masy cząstki Higgsa od niediagonalnych (w zapachu) parametrów macierzy mas skwarków. Wzory takie są użyteczne same w sobie i mogą być przydatne dla innych autorów zajmujących się modelami SUSY w kontekście sektora Higgsa i sektora zapachu jednocześnie.

Ostatnia z włączonych w skład habilitacji prac, H6, dotyczy interpretacji w ramach modeli SUSY obserwowanej przez kolaborację ATLAS anomalii (nadmiaru) w produkcji przypadków zderzeń z 1 leptonem naładowanym w stanie końcowym. Osobiście uważam próby teoretycznych wyjaśnień takich pomiarów (czaso- i pracochłonne przecież), zanim zostaną one potwierdzone przez dodatkowe eksperymenty, za raczej przedwczesne - przy ogromnej ilości prowadzonych doświadczeń gdyby żadne z nich nie odchyłały się czasem od przewidywań SM o  $2-3\sigma$  świadczyłoby to tylko o tym że eksperymentatorzy źle szacują swoje błędy pomiarowe! Oczywiście badanie anomalii eksperymentalnych w poszukiwaniach Nowej Fizyki jest absolutnie konieczne, ale bardziej efektywne jest koncentrowanie się na tych zaobserwowanych w większej ilości doświadczeń i/lub dłuższym okresie czasu. W wypadku pracy H6 będący jej podstawą rezultat nie został potwierdzony kolejnymi pomiarami, więc również zaproponowane tam scenariusze supersymetryczne nie mają już uzasadnienia. Tym niemniej także i w H6 jeden z rezultatów wydaje mi się ciekawy i mający znaczenie dla innych analiz, a mianowicie pokazanie jak niewielkie różnice w założeniach przyjętych w analizie zestawu danych (cięcia kinematyczne albo sposób obliczania tła) mogą prowadzić do tego że anomalia się w końcowym wyniku pojawi lub nie (jak raportowały dla tego procesu odpowiednio ATLAS i CMS), i z punktu widzenia statystyki nie są to wyniki niezgodne.

Ogólnie, przeprowadzenie analiz przedstawionych w pracach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego dr Kowalskiej wymagało dużego nakładu pracy, stworzenia i zastosowania zestawu zaawansowanych narzędzi numerycznych i zaowocowało wieloma wynikami o dużej użyteczności dla szerokiego grona fizyków zajmujących się fenomenologią modeli supersymetrycznych, doświadczalników i teoretyków. Widać to także w popularności tych prac - wg Spires do września 2019 zostały one zacytowane łącznie 188 razy. W mojej ocenie przedstawione prace tworzą razem solidną rozprawę habilitacyjną.

Natomiast pewna ogólna uwaga, która narzuciła mi się po zapoznaniu z powyższymi pracami dotyczy ich niejako wręcz "nadmiernej" aktualności. Dane eksperymentalne w naturalny sposób napływają stale, w sposób mniej lub bardziej regularny. Poprawia się ich dokładność, dołączane są nowe nieznanne poprzednio wyniki. Z jednej strony, dla zoptymalizowania kolejnych eksperymentów i zawężenia dopuszczalnych konstrukcji teoretycznych, bieżąca ich analiza i interpretacja, taka jak wykonana w pracach składających się na osiągnięcie naukowe habilitantki jest konieczna i pożyteczna dla całej społeczności fizyków wysokich energii. Z drugiej strony, właśnie z uwagi na stały napływ nowych

wyników, użyteczność takich publikacji jest mocno ograniczona w czasie, szybko tracą one aktualność i wymagają uzupełniania. Nie chce sugerować że dr Kowalska powinna z tego powodu całkiem zaniechać prowadzenia takich analiz, bo są one z pewnością potrzebne, ale być może warto żeby w przyszłości pomyślała też o rozszerzeniu swojego zakresu badań o próby postawienia i rozwiązania problemów bardziej podstawowych, np. lepszego zrozumienia teoretycznych mechanizmów fizycznych które mogą wyjaśniać efekty statystyczne w przestrzeni parametrów takiego czy innego modelu. Inną możliwością jest publikowanie, po odpowiednim uporządkowaniu, samych narzędzi rachunkowych - kodów numerycznych użytych do skanowania i analiz statystycznych, tak żeby mogło je wykorzystywać szersze grono fizyków. Biblioteki numeryczne też mają ograniczony czas życia, ale jednak większy niż jednorazowa publikacja zrobiona przy ich użyciu.

### 3 Charakterystyka pozostałych osiągnięć

Oprócz działalności naukowej dr Kowalska ma też na swoim koncie osiągnięcia w działalności organizacyjnej. Za najważniejsze uznał bym uzyskanie i kierowanie 5-letnim grantem "Rozszerzenia Modelu Standardowego z fermionami wektoropodobnymi" przyznanego jej w roku 2018 przez NCN w ramach programu SONATA-BIS 7. Habilitantka była też wykonawcą w 2 innych grantach krajowych i jednym finansowanym przez EU. Dr Kowalska była też członkiem lokalnych komitetów organizacyjnych konferencji "Higgs and New Physics at the LHC" w 2013 i COSMO2015, obu odbywających się w Warszawie. Habilitantka udziela się też jako recenzentka w Phys. Rev. D (7 zrecenzowanych prac).

Doświadczenia dydaktyczne doktor Kowalskiej są niewielkie, jako że pracuje ona w instytucji ściśle badawczej jaką jest NCBJ. Prowadziła ona jedynie przez 2 lata ćwiczenia z matematyki ze studentami Wydziału Fizyki UW w czasie swoich studiów doktoranckich (2001-02) i ćwiczenia do wykładu "Introduction to particle theory" w czasie stypendium podoktorskiego w Dortmund w latach 2015-17. Nie ma również wypromowanych licencjatów ani magistrów. To uważam za słaby punkt jej dotychczasowej kariery naukowej - dla dalszego jej rozwoju bardzo cenne byłoby uzupełnienie doświadczeń dydaktycznych przez liczniejsze kontakty ze studentami, chociażby przez ochotnicze zgłoszenie do prowadzenia zajęć na jej macierzystym Wydziale Fizyki UW. Oprócz oczywistych korzyści typu uporządkowanie i pogłębienie własnej wiedzy o wykładanych przedmiotach i podniesieniu technik prezentacji przydatnych przecież także na konferencjach naukowych, bez intensywniejszego kontaktu z młodzieżą trudno myśleć z zbudowaniem w przyszłości własnego zespołu badawczego, nie mówiąc już o pokonaniu niektórych formalnych wymagań potrzebnych do awansów profesorskich.

Dr Kowalska nie może pochwalić się udziałem w patentach albo osiągnięciami naukowymi bardziej związanymi z praktycznymi dziedzinami życia i gospodarki, ale w dziedzinie badań podstawowych w której pracuje, teoretycznej fizyce cząstek elementarnych, jest to sytuacja typowa.

### 4 Podsumowanie

Uważam że dr Kamila Kowalska zgromadziła solidny dorobek naukowy, wpisując się nim w główne nurty współczesnych badań nad fizyką cząstek elementarnych oraz jej powiąza-

niami z astrofizyką i kosmologią. Jej badania mają duże znaczenie praktyczne zarówno dla fizyków doświadczalnych, wskazując im najbardziej obiecujące procesy produkcji i rozpadów w których poszukiwać można cząstek supersymetrycznych, jak i dla teoretyków budujących nowe modele oddziaływań przy bardzo wysokich energiach, poprzez konfrontowanie ich przewidywań przy energiach LHC z istniejącymi ograniczeniami eksperymentalnymi. Habilitantka prowadzi też aktywną współpracę międzynarodową i ma doświadczenie w organizacji badań i prowadzeniu grantów naukowych. Jak już wspominałem wcześniej, uważam że dla jej dalszego rozwoju i długofalowej spuścizny cenne byłoby w przyszłości szersze zajęcie się także badaniami nie związanymi aż tak bezpośrednio z bieżąco pojawiającymi się danymi eksperymentalnymi (i siłą rzeczy dezaktualizującymi się wraz z napływem kolejnych wyników) oraz poszerzenie doświadczeń dydaktycznych. Tym niemniej, uważam jej dotychczasowe dokonania za wystarczające do awansu na stopień doktora habilitowanego.

**Stwierdzam, że Pani dr Kamila Kowalska spełnia kryteria wymagane do uzyskania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka, sprecyzowane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003, z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz. U. 2017 r. poz. 1789). Wnioskuje o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.**

*Janusz Rozicki*