Poznań, 01.09.2017

Prof. dr hab. Maciej Błaszak
Wydział Fizyki
Zakład Fizyki Matematycznej
Uniwersytet im. A. Mickiewicza
Poznań

RECENZJA
rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego
dr Javier de Lucas Araujo

Dr Javier de Lucas jest zatrudniony na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego od 2013 roku na stanowisku adiunkta. Wcześniej pracował na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Saragossie (lata 2007-2010) oraz na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu im. Kardynała Stefana Wyszyńskiego (lata 2012-2013). Jest współautorem 34 prac opublikowanych w czasopismach o międzynarodowym zasięgu z tak zwanej „listy filadelfijskiej". Po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych habilitant opublikował 25 prac, z czego 9 z dołączonym autoreferatem stanowi rozprawę habilitacyjną zatytułowaną „Zastosowania struktur geometrycznych w układach Liego". Prace te ukazały się w latach 2012-2015 w takich czasopismach jak Journal of Differential Equations (3 prace), International Journal of Geometric Methods in Modern Physics (3 prace), Journal of Physics A (2 prace), AIMS Proceedings (1 praca). W skład rozprawy wchodzą publikacje mające od jednego do czterech współautorów. Z oświadczeń współautorów wynika, że znaczący wkład do tych publikacji należy do dr de Lucasa. Nie mniej trochę dziwnie wygląda sytuacja, w której kilku współautorów publikacji określa swój wkład na zaledwie kilka procent.

Przedmiotem zainteresowania dr de Lucasa w jego rozprawie habilitacyjnej są tak zwane układy Liego. Układ Liego to nieautonomiczny układ równań różniczkowych zwyczajnych pierwszego rzędu, w ogólności nieliniowych, którego ogólne rozwiązanie można zapisać za pomocą generycznej rodziny rozwiązań szczególnych i zbioru stałych, czyli za pomocą tak zwanej zasady składania rozwiązań (zasada superpozycji). Typowym przykładem jest tu znane każdemu fizykowi równanie Riccatiego, którego ogólne rozwiązanie wyraża się za pomocą trzech szczególnych rozwiązań i dwóch stałych. Jest to ciekawa klasa nieliniowych równań różniczkowych pierwszego rzędu, których ogólne rozwiązanie, tak jak w przypadku równań liniowych, wyraża się poprzez szczególne rozwiązania. Różnica polega na tym iż nie jest to prosta kombinacja liniowa szczególnych rozwiązań ale bardziej złożona funkcja, różna dla różnych równań Liego. Ponadto równania Liego pojawiają się w różnych modelach fizyki klasycznej jak i kwantowej dlatego ich badanie jest ciekawym i istotnym problemem dla fizyki matematycznej.

Jako że równania Liego są równaniami różniczkowymi pierwszego rzędu, można je opisywać w języku pól wektorowych X o składowych zależnych w sposób jawny od parametru ewolucji, nad pewnymi rozmaitościami, a ich rozwiązania wyrażać w języku krzywych całkowych tych pól. Pierwszym problemem to identyfikacja tego typu równań. Okazuje się, że układ równań jest układem Liego, czyli układ posiada zasadę składania rozwiązań, jeśli minimalna algebra Liego V^X zależnego od czasu pola wektorowego X definiującego dany układ, jest algebrą skończenie wymiarową. Skończenie wymiarową algebrę V zawierającą V^X nazywamy algebrą Liego Vessiota-Guldberga X. Lie udowodnił, że każda algebra Liego Vessiota-Guldberga na $\mathbf{R}$ jest lokalnie dyfeomorficzna do sl(2). Klasyfikacja skończenie wymiarowych algebr Liego pól wektorowych na $\mathbf{R}^2$ została podana przez Liego, a następnie uzupełniona przez Gonzaleza, Kamrana i Olvera (klasyfikacja GKO). Ponadto Winternitz wraz z współpracownikami sklasyfikował większość algebr Liego pól wektorowych na $\mathbf{C}^n$ a następnie zbadał szeroką rodzinę zespolonych układów Liego w tak zwanych postaciach kanonicznych.

Drugi podstawowy problem dotyczący równań Liego to znalezienie dla każdego z takich równań odpowiedniej zasady składania rozwiązań, czyli zasady superpozycji. Jest to właśnie tematyka związana z głównym osiągnięciem kandydata w rozprawie habilitacyjnej. Systematyczne badania tego problemu zapoczątkował Winternitz wraz z współpracownikami a następnie jego metodę udoskonalili i rozwinęli w serii prac Carinena, Grabowski i Marmo. Jednym z większych problemów powyższych metod była konieczność rozwiązania na pewnym etapie układu równań różniczkowych cząstkowych. Głównym osiągnięciem habilitanta było wypracowanie nowych metod znajdywania zasady składania rozwiązań na drodze wyłącznie algebro-geometrycznej, co znacznie uprościło całą procedurę. Wszystkie dziewięć prac rozprawy habilitacyjnej dr de Lucasa związanych jest z badaniem struktury Hamiltonowskiej, struktury k-symplektycznej, struktury Diraca oraz struktury Jacobiego badanej rodziny układów Liego, oraz z wykorzystaniem tych własności geometrycznych do znajdowania na drodze czysto algebraicznej zasad składania rozwiązań dla poszczególnych układów.

W pracach [H2,H3,H7,H8,H9] habilitant badał istnienie i klasyfikację układów Liego-Hamiltona na niskowymiarowych rozmaitościach. Pokazał, że pola wektorowe algebry Liego Vessiota-Guldberga dla takich układów Liego jak oscylator Winternitza-Smorodinskyego [H7,H8], równanie Riccatiego drugiego rzędu [H9], układu Kummera-Schwarza drugiego rzędu [H7,H8], równania Cayleya-Kleina Riccatiego [H3] i wielu innych, są polami Hamiltonowskimi względem odpowiedniej struktury Poissonowskiej. Innymi słowy kandydat pokazał, że istnieje cała podklasa układów Liego, które są układami Hamiltonowskimi z funkcjami Hamiltona zależnymi od czasu. Jego dalsze badania doprowadziły do znalezienia pełnej klasyfikacji wszystkich algebr Liego Vessiota-Guldberga pól wektorowych Hamiltonowskich względem struktury Poissona na płaszczyźnie wokół punktu generycznego algebry [H2,H3]. Struktura Poissona stowarzyszona z układem Liego-Hamiltona pozwoliła na stworzenie skutecznej metody obliczania tak zwanych całek Liego i ich uogólnień: wielomianowych całek Liego, grających istotną rolę w znajdowaniu zasady składania rozwiązań badanych układów. Konkretnie, dla każdej struktury Lie-Poissona można skonstruować odpowiednią koalgebrę Poissona. Pozwala to, używając koproduktu koalgebry, na skonstruowanie nowej struktury Liego-Hamiltona wszystkich diagonalnych prolongacji X oraz znalezienia na drodze czysto algebraicznej niezależnych od czasu całek ruchu tychże prolongacji, a w konsekwencji do znalezienia zasady składania rozwiązań wyjściowego układu.

Na mocy twierdzenia no-go z pracy H1 można wnioskować, że dla niektórych istotnych układów Liego nie istnieje związana z nimi struktura Poissonowska, a wiec poprzednia konstrukcja zasady składania rozwiązań nie może być stosowana. Kandydat pokazał, że niektóre układy Liego posiadają pola wektorowe algebry Liego Vessiota-Guldberga Hamiltomowskie (czy raczej odwrotnie Hamiltonowskie) ze względu na kilka różnych struktur presymplektycznych, których jadra maja zerowe przecięcie, wiec tworzą tak zwane k-symplektyczne struktury. Przykładem takiego układu Liego jest równanie Schwarza [H1] czy dyfuzyjne równania Riccatiego [H4]. W konsekwencji kandydat zdefiniował nowy rodzaj układów Liego: k-symplektyczne układy Liego, posiadające algebrę Liego Vessiota-Guldberga Hamiltonowskich pól wektorowych ze względu na presymplektyczne 2-formy k-symplektycznej struktury. W pracy H1 konstruowane są pewne Poissonowskie bi-wektory związane z k-symplektycznymi strukturami a następnie Poissonowskie algebry, kluczowe dla znalezienia zasady superpozycji rozwiązań. Również w tej pracy można znaleźć twierdzenie no-go dla układów Liego k-symplektycznych.

Obserwując, że dla pewnych przypadków układów Liego pola wektorowe algebry Liego Vessiota-Guldberga są polami Hamiltonowskimi ze względu na pewna formę presymplektyczną, którą można rozpatrywać jako szczególny przypadek struktury Diraca, habilitant w pracy H6 przeprowadził kompleksową analizę układów Liego z algebrą Liego Vessiota-Guldberga pól wektorowych Hamiltonowskich względem struktury Diraca. Badając diagonalne prolongacje układów Liego-Diraca, a szczególności ich niezmienniki ponownie był w stanie znaleźć odpowiednie zasady superpozycji dla tej klasy układów.

Analizując klasyfikację GKO skończenie wymiarowych algebr Liego pól wektorowych na $\mathbf{R}^2$ okazuje się, że nie zawsze można związać z nimi konkretną strukturę Poissonowską, presymplektyczną czy k-symplektyczną. W pracy H5 pokazano, że z niektórymi algebrami Vessiota-Guldberga można związać bardziej ogólną strukturę a mianowicie strukturę Jacobiego, będącą uogólnieniem struktury Poissona. Nawias Jacobiego jest nawiasem Liego, który nie spełnia standardowej reguły Leibniza. Ponadto, w tej samej pracy, sklasyfikowano algebry Vessiota-Guldberga pól wektorowych na $\mathbf{R}^2$ Hamiltonowskich względem rozmaitości Jacobiego.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa habilitacyjna zawiera wiele nowych i wartościowych rezultatów dotyczących geometrycznych własności układów Liego i związanych z nimi procedur konstrukcji ich ogólnych rozwiązań na drodze czysto algebraicznej. Habilitant znacząco przyczynił się do rozwoju badań na tym polu. Liczba cytowań (bez autocytowań) w Web of Sciences około 100 oraz Indeks Hirscha 9 jest zupełnie przyzwoitym wynikiem jak na dziedzinę naukową jaką jest fizyka matematyczna. Warto podkreślić, iż czasopisma w których kandydat opublikowała swoje wyniki są z wysokiej światowej półki.

Dorobek naukowy dr de Lucasa, nie wchodzący w skład rozprawy habilitacyjnej, stanowi 9 prac naukowych przed doktoratem (1-9 z listy publikacji) i 16 prac naukowych po doktoracie (PH1-PH14, E1,E2 z listy publikacji), wszystkie opublikowane w czasopismach wysokiej rangi z listy filadelfijskiej. Problemem jest fakt iż prawie wszystkie prace dotyczą tego samego, stosunkowo wąskiego, kręgu badań co prace habilitacyjne i związane są z badaniem własności oraz poszukiwaniem rozwiązań układów Liego. Jedyne prace z poza kręgu układów Liego to praca E1, w której kandydat badał własności oscylatorów nieharmonicznych metodą mnożników Lagrange'a, oraz praca E2, dotycząca symetrii oraz reprezentacji Laxa pewnego układu równań różniczkowych cząstkowych.

Podsumowując, muszę stwierdzić, że obszar badań kandydata jest stosunkowo wąski, co niestety staje się coraz bardziej typowym zjawiskiem we współczesnej nauce. Jest to pewien mankament w ocenie całego dorobku dr de Lucasa. Drugim mankamentem jest fakt iż w dorobku kandydata nie znalazłem ani jednej pracy jednoautorskiej, co pozwoliłoby jednoznacznie stwierdzić iż kandydat potrafi samodzielnie stawiać i rozwiązywać trudne problemy fizyczne (matematyczne). Znakomita większość prac powstała w grupie badawczej, w której skład wchodzą oprócz kandydata: J.F. Carinena, M.F. Ranada, J. Grabowski, P.G. Estevaz i A. Ballesteros. Tak więc w tym przypadku muszę się posiłkować jedynie oświadczeniami współautorów aby ocenić poziom samodzielności kandydata.

Dr de Lucas posiada imponujący dorobek wystąpień konferencyjnych w kraju i zagranicą (choć w tym przypadku pojęcie „w kraju" jest niejednoznaczne). W sumie, wyniki swoich badań prezentował na międzynarodowych konferencjach 9 razy przed uzyskaniem stopnia doktora i 23 razy po uzyskaniu tego stopnia. Ponadto uczestniczył w 11 „krajowych" grantach badawczych jako wykonawca. Za swoje osiągnięcia naukowe był kilkakrotnie nagradzany przez różne gremia.

Jako długoletni nauczyciel akademicki dr de Lucas ma typowy dorobek dydaktyczny. Prowadził ćwiczenia i konwersatoria z analizy matematycznej, algebry, teorii grup oraz wykład z metod geometrii różniczkowej w fizyce oraz teorii grup. Wszystkie jego zajęcia otrzymały bardzo wysoką ocenę studentów.

Mimo kilku krytycznych uwag oceniam, że całkowity dorobek naukowy dr Javier de Lucas jest interesujący i wartościowy a kandydat wydaje się dojrzałym i aktywnym badaczem, który dobrze opanował warsztat naukowy oraz posiada ustaloną tematykę badawczą, pozwalającą na jego dalszy rozwój naukowy.

Podsumowując, stwierdzam iż przedstawiona mi do oceny rozprawa habilitacyjna oraz dorobek naukowy dr Javier de Lucas spełniają w sposób zadawalający konieczne wymagania stawiane przy ubieganiu się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk fizycznych i wnoszę o dopuszczenie dr Javier de Lucas do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.