

Kraków, 14-08-2019



JAGIELLONIAN  
UNIVERSITY  
IN KRAKOW

Marian Smoluchowski

Institute of Physics

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej**  
***Uogólnienia ciągłe testu Painlevé***  
**oraz dorobku naukowego**  
**dr. Piotra Goldsteina**

## 1 Sylwetka habilitanta

Dr Piotr Goldstein ukończył studia na Wydziale Matematyki Fizyki i Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w 1973r. uzyskując tytuł magistra chemii. Na tym samym Wydziale rok później uzyskał tytuł magistra fizyki. W 1981 roku uzyskał stopień Doktora Nauk Fizycznych przedstawiając rozprawę pt *Równanie Własowa w kinetyce układów typu plazmy Breita-Darwina* w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego.

W 1977 rozpoczął pracę jako fizyk Instytucie Badań Jądrowych (który wielokrotnie zmieniał nazwę), gdzie pracuje do dnia dzisiejszego (1984 st. asystent, 1988 adiunkt).

Wielokrotnie wizytował różne ośrodki zagraniczne (najczęściej 1/2-3 miesiące: University of Oxford, Wielka Brytania, Institutet för Rymdfysik, Uppsala, Szwecja, University of Vinh, Wietnam, najczęściej: Université de Montréal, oraz 13 miesięcy w University of Alberta, Kanada).

Biorąc pod uwagę główne miejsca zatrudnienia dosyć zaskakująca wydaje się tematyka badań, skupiająca się głównie wokół problemów fizyki matematycznej, takiej jak całkowalność, test Painlevé, czy solitony.

## 2 Osiągnięcia habilitacyjne

Dr Goldstein jako swoje osiągnięcie przedstawił cykl prac zatytułowany *Uogólnienia ciągłe testu Painlevé*. Należy zaznaczyć, że tzw. testy dyskretne znane są od wielu lat i stanowią bardzo ważne kryterium analizy równań różniczkowych dostarczającym ważnych informacji dotyczących ruchomych punktów osobliwych równania. Równania posiadające własność Painlevé mogą być dobrymi kandydatami na układy całkowalne, a brak własności wiąże się zazwyczaj z chaotycznym zachowaniem rozwiązań.

ul. St. Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-47-03

fax +48(12) 664-49-06

e-mail: fizyka@uj.edu.pl

W pracy [1] własność P została rozszerzona na układy o nieokreślonej liczbie równań w modelach sigma w  $CP^{N-1}$ . Test P sprowadzał się do znalezienia wyznacznika macierzy  $2N \times 2N$ , powstałej z relacji rekurencyjnych wynikających z porównywania kolejnych współczynników szeregu Laurenta. Okazało się, że wyznacznik ten można policzyć dla dowolnego  $N$ . Przyjmuje on wartość zero jedynie dla kilku szczególnych przypadków. Analizując te przypadki dr Goldstein doszedł do wniosku, że model nie jest całkowalny w sensie Painlevé ale ma bardzo bogatą rodzinę rozwiązań meromorficznych.

Kolejna praca (choć chronologicznie znacznie wcześniejsza) dotyczy innego uogólnienia testu P na przypadek, gdy oprócz szeregu Laurenta pojawiają się wyrazy logarytmiczne. Praca ta jest najlepiej cytowana pracą dr. Golsteina i nie bez powodu. Większość prac dotyczących testu P nie brało pod uwagę osobliwości logarytmicznych, które mogą powodować nietrywialne rozgałęzienia. Co więcej, tego typu uogólnienie mają bezpośrednie zastosowania w fizyce. Dr Goldstein wykazał solitonowy charakter powierzchni izotermicznych w równaniu przewodnictwa cieplnego. W pracy została też skonstruowana niestandardowa transformacja Bäcklunda. Pozwoliło to wykazać, że układ, który nie jest całkowalny w klasycznym sensie Painlevé, posiada niektóre cechy układu całkowalnego.

Kolejnym uogólnieniem testu P, zawartym w artykule [3] było uwzględnienie rozwinięcia zaczynającego się od wyrazów zerowych. Takie podejście zazwyczaj nie jest brane pod uwagę, ponieważ różniczkowanie daje po prostu zero. W innych przypadkach różniczkowanie obniża rząd odpowiednich wyrazów powodując, że stają się bardziej dominujące. Istnieją jednak przypadki, kiedy to właśnie wyrazy zerowe zaczynają dominować. Dzieje się tak gdy odpowiednie człony nie są różniczkowane ale za to występują w wyrazach z odpowiednio silną nieliniowością. Przypadek taki występuje przykładowo w zespolonym równaniu sin- lub sinh-Gordona. Analiza wykazała, że faktycznie układ posiada własność P. Jednak konstrukcja transformacji Bäcklunda na podstawie szeregu Laurenta mogła zostać przeprowadzona jedynie w przypadkach wcześniej znanych, kiedy równanie może zostać zredukowane do rzeczywistych równań sin lub sinh-Gordona.

Kolejny ciekawy przypadek opisuje praca [4] dotycząca sprzężonego nieliniowego równania Schrödingera (ze standardową nieliniowością trzeciego rzędu). Test  $P$  prowadzi do równań algebraicznych trzeciego stopnia, które formalnie da się rozwiązać, lecz jawne postaci rozwiązań są bardzo niepraktyczne. Da się jednak przeprowadzić test w postaci niejawnej. W wyniku przeprowadzonej analizy wykazano, że równanie nie ma własności P, posiada natomiast czteroparametrową rodzinę szczególnych rozwiązań meromorficznych wokół dowolnej osobliwości.

W pracy [5] analizowany jest układ równań (pewna wersja sprzężonego nieliniowego równania Schrödingera, ale z kwadratową nieliniowością) opisującego dwie podstawowe składowe (harmoniczne) wiązki laserowej. Ogólne rozwiązanie równania może być bardzo skomplikowane, ale istnieje szczególny przypadek, gdy

$A_2$  opisuje dokładnie drugą harmoniczną. Właśnie ten przypadek był badany w pracy. Ma on również najsensowniejszą interpretację fizyczną (wiązka lasera wzbudza wyższą harmoniczną). Okazało się, że układ jest całkowalny po spełnieniu dodatkowych założeń (równe amplitudy i fazy z dokładnością do  $\pi$ , gdy stosunek współczynników dyspersji jest równy  $1/2$  lub  $-1$ ). Biliniową metodą Hiroty został wykluczony przypadek, gdy współczynniki dyspersji mają przeciwne znaki. Okazało się również, że solitony (przynajmniej te znalezione w szczególnym przypadku, gdy układ jest całkowalny w sensie P) mają mało dynamiczne własności - mogą poruszać się jedynie po liniach prostych.

Ostatnia praca cyklu jest pracą przeglądową. Jednak i ten artykuł zawiera oryginalny wynik dotyczący konstrukcji metody Hiroty przy wykorzystaniu testu Painlevé. Standardowe podstawienie Hiroty nie zawsze daje wyrażenie pozwalające na łatwe dostrzeżenie struktury biliniowej. Dzieje się tak przykładowo w przypadku nieliniowego równania Schrödingera, które jak wiadomo, jest całkowne i posiada własność P. Wzięcie części głównej rozwinięcia Laurenta wykorzystywanego w teście P, i uzupełnieniu do postaci biliniowej, przy wykorzystaniu członów wyższych rzędów pozwala na odczytanie struktury Hiroty. Zastosowanie takiego algorytmu do niecałkowalnych modeli (np. NLS z wyższą nieliniowością) prowadzi do sprzeczności.

Sam cykl oceniam pozytywnie, stanowi pewną zwartą całość, a każda publikacja wnosi coś nowego i interesującego. Widać jak dr Golstein bardzo dokładnie bada kolejne przypadki, które wcześniej nie były znane lub były znane słabo.

Większość prac cyklu jest pracami wieloautorskimi (kolejność autorów jest alfabetyczna). Jedyne ostatnia, przeglądowa praca, jest samodzielna. Deklarowany wkład dr Goldsteina zazwyczaj jest proporcjonalny do ilości autorów (33%, [2] i [3], gdzie współautorzy nie określili procentowo swojego wkładu) lub nieco większy (40%), z wyjątkiem publikacji [1] (85%). Dostarczone deklaracje współautorów zdają się potwierdzać ten wkład. Opis merytoryczny nie pozostawia jednak wątpliwości, że wkład dr. Golsteina był znaczący w każdej z nich.

### 3 Dorobek naukowy dr. Piotra Goldsteina

Dr Goldstein jest autorem lub współautorem 23 prac naukowych w recenzowanych czasopiśmie listy JRC oraz 2 preprintów i 9 publikacji spoza JRC. Sumaryczna liczba cytowań to 164 a indeks Hirscha 7. Najlepiej cytowaną pracą (62 razy) jest praca [2] z 1995 roku. Pozostałe prace cyklu nie przekroczyły liczby 10 cytowań, choć próg ten został przekroczony przez kilka publikacji spoza cyklu. Osobiście uważam jeszcze ostatnio opublikowaną pracę [1] za bardzo istotną. Jest jednak jeszcze za wcześnie aby ocenić jak zostanie ona odebrana przez środowisko.

Trzy spośród sześciu prac cyklu zostały opublikowane w *Acta Physica Polonica A*, pozostałe w bardziej znaczących czasopiśmie (PLA, J. Phys. Commun., J. Nonl. Math Phys.).

Jest to więc dorobek bardzo niejednorodny. Mniej znane prace jednak dobrze uzupełniają cykl, zamykając go w spójną całość.

Pozostałe prace dotyczą, między innymi, tematyki cyklu (praca doktorska, nieopublikowane preprinty) ale też wielu innych zagadnień związanych z fizyką laserów, plazmy, modeli sigma  $CP^{N-1}$  czy relatywistycznego modelu transportu ciepła. Jak widać, część z tych zagadnień bezpośrednio wiąże się z modelami opisanymi w cyklu, który jednak skupia się na bardzo wąskim formalizmie matematycznym.

Tematyka badań dr. Goldsteina bardzo różni się od mojej tematyki badań. Osobiście najbardziej interesują mnie niecałkowalne modele i efekty jakie opisują. Poniekąd nasze zainteresowania naukowe się wzajemnie uzupełniają. Dlatego nieco trudno jest mi ocenić znaczenie niektórych prac.

### 3.1 Dydaktyka i działalność popularyzatorska

Prawdopodobnie ze względu na miejsce zatrudnienia dr Piotr Goldstein nie prowadził zajęć dla studentów (w *Wykazie ...* brak informacji o takich zajęciach). Był jednak promotorem jednej pracy magisterskiej, a także bardzo intensywnie zaangażowany w działalność popularyzatorską i edukacyjną na poziomie szkoły średniej. Jest autorem zadań na Olimpiadę Fizyczną i inne konkursy (np. Lwiątko) oraz autorem i recenzentem różnych zbiorów zadań a także artykułów popularnonaukowych (*Delta*, *Świat Nauki*, *Postępy Fizyki*, *Foton* itp).

Osobiście spotkałem (prawdopodobnie po raz pierwszy i ostatni) dr. Piotra Goldsteina podczas wykładów o solitonach w Jadwisinie w 1996 roku, gdzie uczestniczyłem jako stypendysta Krajowego Funduszu na Rzecz Dzieci. Na tej podstawie mogę stwierdzić, że dr Goldstein jest bardzo dobrym i zaangażowanym dydaktykiem. Dla mnie było to pierwsze spotkanie z problemem solitonów, które stanowią główną tematykę moich obecnych badań.

### 3.2 Współpraca zagraniczna, konferencje i granty

Jak już zaznaczyłem we wstępie dr Goldstein wielokrotnie wizytował zagraniczne ośrodki, głównie w Kanadzie, gdzie spędził 13 miesięcy jako *visiting professor*. Efektem tej współpracy są publikacje z licznymi naukowcami zagranicznymi (Paul Bracken (Univ. of Texas), Alfred Grundwald (Univ. de Montreal), Sau Vu Ngoc (Vinh Univ, Wietnam)).

Wygłosił 15 referatów na konferencjach i przedstawił 9 plakatów. Przewodniczył 3 sesjom konferencyjnym.

Brał udział w jednym projekcie badawczym KBN w latach 1992-1995 w charakterze wykonawcy.

Jest autorem około 50 recenzji dla *Mathematical Reviews* oraz ośmiu innych czasopism z listy filadelfijskiej (*Canadian Journal of Physics*, *European Physical Journal Plus*, *Raports on Mathematical Physics*, *Nucleonika*, *Acta Physica*

Polonica).

Był członkiem American Mathematical Society (1998-2017) oraz nadal jest członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

#### 4 Podsumowanie

Dorobek dr. Piotra Goldsteina nie jest może zbyt imponujący, szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę czas w jakim powstał. Częściowo może uzasadniać to rozbieżność pomiędzy profilem naukowym ośrodka w jakim był zatrudniony a zainteresowaniami habilitanta. O niewielkiej aktywności świadczy też udział w jednym tylko grantie w charakterze wykonawcy. Biorąc pod uwagę jednak dziedzinę (fizykę matematyczną) wskaźniki te, w mojej opinii, mieszczą się w ogólnie przyjętych normach. Ponadto Dr Goldstein udzielał się w bardzo wielu aktywnościach związanych z popularyzacją nauki. Współpracował też z wieloma ośrodkami zagranicznymi. Dlatego uważam, że dr Piotr Goldstein spełnił wszelkie wymogi formalne i zwyczajowe i wnoszę o przyznanie dr Piotrowi Goldsteinowi stopnia **doktora habilitowanego**.



dr hab. Tomasz Romańczukiewicz