

Spacer po świecie płaszczyzn

Fizyka i matematyka układów dwuwymiarowych



Jednym z najważniejszych pojęć fizyki teoretycznej jest symetria. Informacja o tym, jak możemy zmieniać nasz „punkt widzenia” na układ fizyczny, pozwala w niektórych przypadkach w pełni zrozumieć jego zachowanie (jak często mówimy „dynamikę”). Dotyczy to w szczególności układów dwuwymiarowych, których właściwości nie zmieniają się, gdy w ich opisie przechodzimy do układów powiązanych transformacjami konforemnymi.

O ile nawet w bezpośrednio obserwowalnym świecie liczba interesujących układów dwuwymiarowych nie jest zbyt duża, to studia nad takimi układami okazują się być szczególnie ważne w kontekście teorii strun. Abstrahując od pytania, na ile teoria ta opisuje realny świat, nie ulega wątpliwości, że posiada ona bogatą, daleką od pełnego zrozumienia strukturę matematyczną.

Jednym z kierunków prowadzonych przeze mnie badań jest tak zwana odpowiedniość AGT: związek między szeroką klasą czterowymiarowych, supersymetrycznych teorii Yanga-Millsa i dwuwymiarowymi, konforemnymi teoriami pola. Odpowiedniość ta, udowodniona dotychczas jedynie w szczególnych przypadkach, pozwoliła między innymi na sformułowanie i zrozumienie związków pomiędzy teoriami konforemnymi. Dalsze badania odpowiedniości AGT mogą przybliżyć nas do odpowiedzi na pytanie o klasyfikację wszystkich możliwych modeli o tej symetrii.

Dr hab. Leszek Hadasz jest profesorem nadzwyczajnym, od 2012 roku pełni funkcję zastępcy dyrektora Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego d/s dydaktycznych. Jest autorem i współautorem 38 prac oryginalnych, współautorem monografii poświęconej teorii pola oraz podręcznika szkolnego z informatyki. Odbył roczne staże badawcze w C. N. Yang Institute of Theoretical Physics, State Univ. of NY at Stony Brook i na Université Paris XI, Orsay. Jako stypendysta Fundacji Humboldta prowadził w latach 2005-2007 badania na Uniwersytecie w Bonn.

leszek.hadasz@uj.edu.pl

Symetria konforemna pozwala na różnorakie uogólnienia: układy o tej symetrii mogą być także supersymetryczne, posiadać tak zwaną symetrię afiniczną lub być niezmiennicze względem transformacji opisywanych W -algebriami. Ostatni z wymienionych przykładów ma znaczenie dla szczególnego przypadku odpowiedniości AdS/CFT. „Dualnymi” teoriami są tu: dwuwymiarowa teoria pola z W -symetrią oraz trójwymiarowa teoria grawitacji na przestrzeni anty de Sittera, w której występują pola o spinach wyższych niż dwa. Przypadek ten charakteryzuje się symetrią na

tyle „dużą”, że realną jest nadzieja na uzyskanie dla niego matematycznego dowodu równoważności teorii dualnych.

Związek AGT opisuje sytuację, w których układy czterowymiarowe mają bogaty zestaw pól, a układy dwuwymiarowe nietrywialną topologię. W ostatnich latach rozwijane są prace nad odpowiednikiem relacji AGT wiążącym ze sobą układy trójwymiarowe, oraz nad sytuacją, w której dwuwymiarowe teorie pola pozwalają uzyskiwać wysoce nietrywialną informację o topologii i geometrii układów czterowymiarowych.

I w tej sytuacji pojęcia i narzędzia dwuwymiarowej, konformnej teorii pola okazują się być kluczowe.

Podsumowując: prowadzone przeze mnie badania dotyczą matematycznej struktury ważnej klasy teorii-pól, kwantowych modeli. W swojej pracy używam narzędzi matematycznych z zakresu analizy zespolonej, teorii reprezentacji grup i (nieskończenie wymiarowych) algebr, geometrii różniczkowej i algebraicznej. Uzyskiwane przeze mnie wyniki mają znaczenie zarówno dla zrozumienia badanych układów, jak i dla rozwoju stosownych matematycznych metod i pojęć.