



## Recenzja wniosku habilitacyjnego dr. Thomasa Złońska

Fizyka w dwudziestym wieku była świadkiem powstania dwóch teorii, które w sposób zasadniczy ją zmieniły – teorii grawitacji, niewątpliwie najpiękniejszej klasycznej teorii fizycznej, oraz mechaniki kwantowej. Obie teorie, choć z różnych powodów, są na tyle trudne, że mimo prawie stu lat badań nadal dalecy jesteśmy od pełnej wiedzy na ich temat.

Teoria grawitacji Einsteina sformułowana w 1915 roku do dzisiaj opisuje ze znakomitą dokładnością wszystkie obserwowane zjawiska grawitacyjne, ale jest ona teorią ściśle klasyczną. Od kilkudziesięciu lat próbuje się stworzyć tzw. kwantową teorię grawitacji, takie jak teoria strun, teoria M, czy pętlowa kwantowa grawitacja, ponieważ oczekujemy, że teorią ogólniejszą niż teoria grawitacji Einsteina, opisującą również ekstremalnie duże krzywizny, będzie jakaś wersja kwantowej grawitacji, być może wymagająca również modyfikacji samej mechaniki kwantowej. Oznaczałoby to, że obecna teoria grawitacji Einsteina byłaby jedynie teorią efektywną, słuszną jedynie przy czterowymiarowych krzywiznach małych w porównaniu z krzywizną Plancka. Stąd bardzo wiele propozycji modyfikacji teorii Einsteina również niezwiązanych z mechaniką kwantową.

Prace będące podstawą wniosku habilitacyjnego dr. T. Złońska dotyczą modyfikacji teorii grawitacji i ich konsekwencji fizycznych. Wniosek obejmuje 9 artykułów opublikowanych w *Physical Review Letters*, *Physical Review D*, *Classical and Quantum Gravity* i *Annals of Physics*; wszystkie są współautorskie. Prace rozprawy dotyczą opisu zmodyfikowanej grawitacji, częściowo w ramach tzw. teorii Einstein-aether. Idea ta pochodzi od M. Gasperiniego, który w latach 80-tych zaproponował dodanie do standardowej teorii Einsteina pola, które jest jednostkowe i ustalone i wyznacza kierunek czasu. To podejście było podjęte w roku 2000 przez T. Jacobsona i D. Mattingly. którzy wprowadzili podobne pole, ale zaproponowali spontaniczne łamanie symetrii

i nazwali to nowe pole eterem, stąd nazwa tego kierunku badań. W późniejszym czasie pojawiły się uogólnienia tej propozycji, które często są pod wspólną nazwą MOND (Modified Newton Dynamics), czyli zmodyfikowanej dynamiki Newtona.

Praca H1 dotyczy opisu grawitacji Einsteina-Cartana. Zwykle, tak jak w podejściu Trautmana i Kopczyńskiego, polami są jednoformy koneksji i tetrazy transformujące się odpowiednio jak tensor i wektor pod działaniem obrotów grupy  $SO(1,3)$  i różniczka jednoformy tetrazy jest równa dwuformie skreńcenia i może być różna od zera. W pracy H1 stosowane jest inne podejście wprowadzone są koneksja i dodatkowe pole wektorowe transformujące się pod działaniem grupy  $SO(1,4)$ , natomiast grupa ta jest spontanicznie złamana do grupy  $SO(1,3)$  przez założenie ustalonej długości wektora. Podejście to jest w pracy bardzo szczegółowo omówione ponieważ może ono prowadzić, szczególnie jeśli spontaniczne łamanie jest dynamiczne, do nowych efektów związanych z ciemną materią.

Prace H2 i H7 opisują podejście do teorii grawitacji w którym stosuje się skompleksyfikowaną, spontanicznie złamaną grupę  $SO(1,3)$ . Autorzy pokazują możliwość pojawienia się w tej teorii pola, które może być interpretowane jako ciemna materia, gdyż w przypadku, gdy spontaniczne łamanie jest dynamiczne, prowadzi to do pojawienia się dodatkowych pól (tak jak w Modelu Standardowym pojawiają się cztery pola Higgsa przy spontanicznym łamaniu symetrii  $SU(2) \times U(1)$ ).

Prace H3 i H5 opisują wpływ dodatkowych pól tensorowego i wektorowego na równania teorii grawitacji. W pracy H4 wprowadzona jest relatywistyczna teoria MOND i omówione są obserwacyjne ograniczenia, które ta teoria powinna spełniać. Prace H5, H8 i H9 opisują relatywistyczną teorię Einstein-aether i pokazują stabilność tej teorii do drugiego rzędu w perturbacjach, podejście hamiltonowskie oraz analizę równań ruchu w tej teorii.

Praca H6 opisuje inne podejście do grawitacji przez wprowadzenie pól skalarnych, które tworzą rodzinę współrzędnych inercjalnych w czasoprzestrzeni – w takiej teorii tensor metryczny jest obiektem efektywnym, a nie

fundamentalnym.

Włącznie z pracami należącymi do rozprawy dr Złośnik opublikował 42 prace (wszystkie współautorskie), w sumie cytowane ponad 3200 razy (wg bazy INSPIRE) (dwie najwyżej cytowane to prace związane z kolaboracją „Euklides”, satelitą, który od dwóch lat jest na orbicie). Wskaźnik  $h$  wynosi 20. Dr Złośnik odbył staże podoktorskie w Instytucie Perimeter w Waterloo, Imperial College w Londynie oraz w Instytucie Fizyki Czeskiej Akademii Nauk, brał również udział w bardzo wielu konferencjach i odbył szereg wizyt badawczych. Dr Złośnik od 2022 roku pracuje na stanowisku adiunkta na Uniwersytecie Gdańskim.

W podsumowaniu, biorąc pod uwagę przedstawioną rozprawę jak i całość działalności naukowej, stwierdzam spełnianie art. 219 ust. 1 Ustawy o szkolnictwie wyższym i nauce i stawiam wniosek o dopuszczenie dr. Thomasa Złośnika do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Warszawa 11.04.2025,

prof. Krzysztof A. Meissner