

Warszawa, 9 grudnia 2014

prof. dr hab. Paweł Nurowski
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN
Warszawa

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ "ZASTOSOWANIE
HAMILTONOWSKIEJ TEORII PROMIENIOWANIA DO ANALIZY
WŁASNOŚCI RADIACYJNYCH PÓL FIZYCZNYCH" NAPISANEJ
PRZEZ PANA MAGISTRA WITOLDA CHMIELOWCA

1 Cel pracy

Głównym celem rozważanej pracy doktorskiej jest hamiltonowski opis promieniowania w trzech klasycznych teoriach pola: w teorii pola skalarnego, w elektrodynamice klasycznej i w zlinearyzowanej teorii grawitacji Einsteina. Wspólną cechą wszystkich tych teorii jest to, że ich równania pola sprowadzają się do równania falowego. Ta wspólna cecha sprawia, że autor pracy po wcześniejszym opracowaniu stosownych technik i zbudowaniu opisu hamiltonowskiego dla pola skalarnego, przenosi z sukcesem wypracowane podejście do bardziej złożonych teorii elektromagnetyzmu i liniowej grawitacji. W zamierzeniu autora rezultaty pracy mają być wskazówką jak należy postępować przy hamiltonowskim opisie promieniowania w pełnej nieliniowej teorii grawitacji.

2 Opis wprowadzonych technik i rezultatów

Hamiltonowski opis układów promieniowania musi być istotnie różny od opisu układów niepromieniujących; energia układu promieniującego maleje - promieniowanie unosi energię z układu, po geodezyjnych zerowych, do nieskończoności. Dlatego dla układów promieniowania nie można stosować standardowej analizy hamiltonowskiej z danymi początkowymi tylko na hiperpowierzchniach przestrzennych. Aby ewolucja pola była hamiltonowska rozważa się dane początkowe na powierzchniach hiperboloidalnych (asymptotycznie zerowych), i uzupełnia się je o odpowiednie dane radiacyjne w nieskończoności zerowej. Można próbować to robić w różny sposób.

Jeden z takich sposobów, bardzo elegancki w mojej opinii, jest zaprezentowany w pracy jako oryginalny wkład autora. Pomysł opisu hamiltonowskiego promieniowania wykorzystany w pracy polega na tym, że zamiast układu:

$$U_0 = \{\text{nieskończona hiperboloida} + \text{zerowa nieskończoność}\},$$

na którym określone są dane, rozważa się najpierw jednoparametrową rodzinę układów hamiltonowskich:

$$U_\epsilon = \{\text{hiperboloida z brzegiem} + \text{stozek przeszłości brzegu}\}$$

z parametrem $\epsilon > 0$. Po sformułowaniu dynamiki hamiltonowskiej dla dowolnego układu z tej rodziny, wykonuje się przejście graniczne $\epsilon \rightarrow 0$, które poprzez opisaną przez autora pracy doktorskiej konstrukcję, odpowiada przejściu uwzględniającemu pełen obszar radiacyjny.

Zdefiniowanie jednoparametrowych układów hamiltonowskich U_ϵ jest jednym z czterech głównych rezultatów pracy. Główną trudnością w uzyskaniu tej definicji było rozwiązanie problemu zszycia dynamiki na hiperboloidzie i stożku co z sukcesem zostało wykonane w pracy.

Drugim ważnym rezultatem pracy jest użycie opisanych powyżej układów hamiltonowskich U_ϵ do definicji energii promieniowania. Hamiltonian każdego układu U_ϵ w naturalny sposób dzieli się na hamiltonian związany z hiperboloidą i hamiltonian związany ze stożkiem. Autor prezentowanej pracy interpretuje hamiltonian związany z hiperboloidą, jako odpowiednik energii Trautmana-Bondiego - energii znanej z pełnej nieliniowej teorii grawitacji Einsteina.

Trzeci ważny rezultat prezentowanej pracy doktorskiej, to szczegółowy opis własności promieniowania pola skalarne (najpierw w dwóch, potem w czterech wymiarach) w języku omawianego tu układu hamiltonowskiego 'hiperboloida z brzegiem + stożek przeszłości brzegu'. Opis ten, zawierający tak techniczne sprawy jak np. definicja stosownego układu współrzędnych, w którym przeprowadzane są rachunki, zawiera przede wszystkim rozwiązanie problemu warunków zszycia, oraz definicję analogu energii Trautmana-Bondiego. To co zostaje zdefiniowane w rozdziale 2 dla pola skalarne, okazuje się być potem ważne (z małymi modyfikacjami) także dla pozostałych dwóch przykładów liniowych klasycznych teorii pola - tzn. dla teorii elektromagnetyzmu i liniowej grawitacji. Autor pracy pokazuje w rozdziałach 3 i 4, jak zredukować opis promieniowania w tych teoriach do teorii przedstawionej dla pola skalarne. Wiąże się to z tym, że w tych teoriach niezależne stopnie swobody pól można opisać równaniami dla pola skalarne.

Czwartym, kluczowym, rezultatem pracy jest pokazanie, że dla jednoparametrowych układów hamiltonowskich pola skalarne U_ϵ graniczny układ hamiltonowski

$$U_0 = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} U_\epsilon$$

jest hamiltonowskim układem promieniowania pola skalarne znanym z literatury. Pozwala to wierzyć, że przejścia graniczne $\epsilon \rightarrow 0$ zastosowane do układów U_ϵ dla pól Maxwella i zlinearyzowanego pola grawitacyjnego także dają hamiltonowskie układy realistycznie opisujące strefy promieniowania dla tych dwóch pól.

3 Ocena

Stwierdzam, że recenzowana praca jest bardzo dobrą pracą doktorską, która zawiera cztery ważne i oryginalne rezultaty doktoranta otrzymane w ramach niestandardowego podejścia.

Kończąc wymienię dwa zastrzeżenia co do formy pracy, które nie wpływają na moją jej ogólną bardzo wysoką ocenę.

Pierwsze zastrzeżenie dotyczy tego, że w pracy bardzo trudno odnaleźć główne jej rezultaty. Wydaje mi się, że w pracy z fizyki matematycznej, a taką jest praca Pana Chmielowca, rezultaty powinny być formułowane w twierdzeniach, a jeśli nie, to powinny być wyróżniane w jakiś inny sposób tak, żeby czytelnik był w stanie wychwycić przy pierwszym przeczytaniu. W prezentowanej pracy, pracy która chwilami jest mocno techniczna, żaden rezultat nie jest wyróżniony. Wszystko o czym autor pisze wydaje się być równie ważne. To nie jest optymalny styl komunikacji rezultatów.

Drugie zastrzeżenie dotyczy sposobu wprowadzania stosowanego przez autora, a kluczowego dla całej rozprawy, układu współrzędnych na hiperboloidzie i stożku ze stron 24, i

28-29. Lakoniczność opisu tego układu, oraz pewnego rodzaju nonszalancja w oznaczeniach sprawiła, że dość łatwa część pracy była dla mnie przez jakiś czas zagadkowa. Myślę, że ta część pracy powinna być napisana inaczej, co zresztą autor pracy przyznał w korespondencji ze mną zawierającej erratę do stron 24, 28-29.

Podkreślam ponownie, że te zastrzeżenia co do formy nie wpływają na moją ocenę merytorycznej zawartości pracy. Ta może być tylko jak najwyższa: recenzowana praca zasługuje na ocenę bardzo dobrą.

4 Wniosek formalny

Wnoszę o dopuszczenie pracy do obrony.

Paweł Nurowski

