

prof. dr hab. Jacek Tafel
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

Warszawa, 30.12.2013

Recenzja pracy doktorskiej W. Chmielowca
"Zastosowanie hamiltonowskiej teorii promieniowania do analizy
własności radiacyjnych pól fizycznych"

Począwszy od prac Trautmana i Bondiego z przełomu lat 1950/60 moc promieniowania grawitacyjnego w asymptotycznie płaskiej czasoprzestrzeni jest określona przez własności metryki wzdłuż linii zerowych dążących do nieskończoności. Stosując konforemna metodę Penrosa można tę zerową nieskończoność zastąpić stożkiem zerowym (tzw. skrajem J^+) ograniczającym czasoprzestrzeń. Hamiltonowskie ujęcie teorii pola na skraju zostało opisane w książce, której współautorem jest promotor rozpatrywanej pracy doktorskiej (Ref. [11] w pracy). Wzorując się na tym podejściu autor rozprawy podał hamiltonowski opis pola skalarnego, elektromagnetycznego i zlinearyzowanego pola grawitacyjnego w zerowym stożku przeszłościowym leżącym całkowicie wewnątrz czasoprzestrzeni Minkowskiego. Dzięki obecności parametru ϵ możliwe jest przejście graniczne do stożka na skraju i porównanie z sytuacją opisaną w książce.

Rolę powierzchni początkowej w tym opisie odgrywa przestrzenne cięcie stożka uzupełnione przez przeszłościową część zerowej powierzchni stożka. Dane początkowe na tej powierzchni określają ewolucję pola zarówno w przyszłościowej jak i przeszłościowej części stożka. Autor pracy najpierw opisał formalizm dla bezmasowego pola skalarnego w 2 wymiarach przy założeniu foliacji hiperbolami. Poza utrudnieniami ze względu na kształt powierzchni i obecność parametru ϵ głównym problemem było uzgodnienie danych na przecięciu hiperbol z powierzchnią stożka. Został on rozwiązany poprzez powiązanie wartości pól na górnej powierzchni stożka z danymi na powierzchni początkowej i zażądanie odpowiedniej gładkości pola przy przejściu z dolnej do górnej części powierzchni stożka. Pełny hamiltonian został przedstawiony w jednorodny sposób jako całka wzdłuż powierzchni stożka.

Pierwsze uogólnienie tych rezultatów dotyczy przejścia do 4-wymiarowej czasoprzestrzeni Minkowskiego. W tym wypadku wszystko przebiega dosyć podobnie, ale przetransformowanie hamiltonianu na hiperboloidzie do hamiltonianu na górnej części stożka i znalezienie odpowiednich warunków zgodności jest znacznie bardziej

skomplikowane, ponieważ nie można posłużyć się teraz ścisłymi rozwiązaniami równań pola. Z otrzymanego opisu hamiltonowskiego wynika jaka energia jest emitowana poza stożek pomiędzy dwoma chwilami czasu reprezentowanymi przez hiperboloidy. Jest to odpowiednik bilansu energii Trautmana-Bondiego w ogólnej teorii względności. Rozdziały 2 i 3 zawierają opis hamiltonowski w stożku dla pola elektromagnetycznego i (w ograniczony sposób) dla zlinearyzowanej teorii Einsteina. W przypadku teorii Maxwella korzysta się z jej konforemnej niezmienniczości. W obu przypadkach autor przedstawia pola poprzez 2 pola skalarne i korzysta z poprzednio otrzymanych rezultatów. Niemniej, jest to proces bardzo złożony, więc warto docenić wytrwałość autora.

W skrócie, głównym rezultatem pracy doktorskiej jest otrzymanie spójnego hamiltonowskiego opisu teorii pola wewnątrz dowolnego przeszłościowego stożka świetlnego w przestrzeni Minkowskiego. Opis ten uwzględnia promieniowane wypływające z tego stożka. Dzięki parametrowi ϵ istnieje możliwość przejścia ze stożkiem do skraju czasoprzestrzeni i porównania wyników z teorią hamiltonowską budowaną bezpośrednio na pełnej hiperboloidzie i osiąganym przez nią skraju. Oczywiście, otrzymana zgodność jest pozytywnym rezultatem, ale nie wiem na ile zależy ona od wyboru parametryzacji i związanej z tym metody przejścia granicznego. Niezależnie od tego opis na skończonym stożku jest znaczącym rezultatem i mam nadzieję, że będzie przydatny w dalszych badaniach.

Praca jest starannie napisana i w większości zrozumiała pomimo wielu skomplikowanych wyrażeń i transformacji. Część obliczeń została umieszczona w dodatkach. To z czym trudno mi się pogodzić to zamieszanie związane z parametryzacją wnętrza i powierzchni stożka. Wyrażenia (2.3)-(2.4) i (2.28)-(2.29) wzajemnie się wykluczają na powierzchni stożka. Ostatecznie sprawa została wyjaśniona w trakcie dyskusji. Współrzędna ξ pełni trochę inną rolę w czasoprzestrzeni niż na powierzchni początkowej. Ten dualizm nie ma wpływu na prawdziwość rezultatów.

Podsumowując, uważam że jest to wartościowa praca doktorska spełniająca warunki określone przez obowiązujące przepisy. Wnoszę o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

J. Tafel