



Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Fizyki Teoretycznej

Prof. dr hab. Jakub Rembieliński

Łódź, 15.03.2016r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wrzask
pt. „Kwantowanie pola w redukowalnych reprezentacjach algebr
Lie oscylatora harmonicznego”**

Pani mgr Klaudia Wrzask swoją dysertację doktorską, której promotorem jest profesor dr hab. Marek Czachor, napisała na podstawie trzech prac:

- M.Czachor, K.Wrzask, *Automatic regularization by quantization in reducible representations of CCR Point-form quantum optics with classical sources*, Int. J. Theor. Phys. **48**, 2511 (2009);
- K.Wrzask, *Four-dimensional photon polarization space in the background of reducible representation algebras*, arXiv: quant-ph/1511.00515;
- K.Wrzask, *Relativistic EPR-type experiments for photons in the background of reducible representation HOLA algebras*, arXiv:quant-ph/1511.02658.

W powyższych pracach oraz w przedstawionej dysertacji autorka analizuje pewne aspekty rozwijanej w ostatnich kilkunastu latach, przez profesora Marka Czachora kwantowej teorii pola bazującej na redukowalnych algebrach oscylatorowych otrzymywanych poprzez specyficzne iloczyny tensorowe. Charakterystyczną cechą takiego podejścia jest nietrywialna struktura stanu próżni, który w odróżnieniu od podejścia Wightmana, Lehmana - Symanzika - Zimmermana czy też Haaga nie wyznacza jednowymiarowej podprzestrzeni, a jest raczej elementem pewnej inwariantnej wielowymiarowej podprzestrzeni przestrzeni iloczynowej.

Jedną z konsekwencji wprowadzonego przez Czachora formalizmu jest zależność uśrednionych wartości obserwabli i prawdopodobieństw od funkcji falowej stanu próżni. Zatem można oczekiwać, że w pomiarach kwantowych powinny być obserwowalne ślady jej złożonej struktury. Testem na istnienie takiej struktury może być badany przez Marka Czachora efekt Casimira w przypadku odpowiednich warunków brzegowych nałożonych na pole elektromagnetyczne, jak również jej wpływ na funkcję korelacji EPR splątanych cząstek kwantowych. Ta ostatnia możliwość analizowana jest w pracy pani Klaudii Wrzask dla przypadku par fotonów.

Wydaje się, że złożona struktura próżni, jeśli istnieje, powinna też modyfikować rezultat Unruha dotyczący tzw. promieniowania Unruha przy pomiarach w układach przyśpieszonych.

W pierwszym rozdziale swojej rozprawy kandydatka wprowadza konwencję i notację spinorową i czasoprzestrzenną. W rozdziale drugim dyskutuje redukowalne reprezentacje kanonicznych relacji komutacyjnych (CCR). W otrzymanych relacjach w miejscu operatora tożsamościowego występuje nietrywialny element centralny algebry. Wykorzystując rozkład spektralny jedynek autorka pokazuje, że całkowanie CCR po pędzie prowadzi do standardowych relacji komutacyjnych. Definiowany jest również znormalizowany stan próżni jako iloczyn tensorowy superpozycji wektorów o zerowej ilości modów. W rozdziale trzecim i czwartym autorka konstruuje odpowiednik lorentzowsko współmienniczego formalizmu Gupty-Bleulera dla stanów fotonowych w przestrzeni endomorfizmów przestrzeni Hilberta będącej nośnikiem redukowalnej reprezentacji CCR, odpowiedni stan próżni oraz elektromagnetyczny potencjał wektorowy. Analizuje również warunek Lorentza w słabej topologii i wyznacza jego szczególne rozwiązania. Następnie bada relacje komutacyjne potencjałów w dowolnej separacji czasoprzestrzennej, strukturę operatorów pola elektromagnetycznego oraz konstruuje odpowiednie stany koherentne. Rozdział piąty rozprawy poświęcony jest badaniu lorentzowskiej współmienniczości teorii poprzez jawne sprawdzanie własności transformacyjnych wprowadzonych wcześniej obiektów. W szczególności kandydatka bada własności transformacyjne redukowalnej próżni i znajduje prawo transformacyjne jej gęstości prawdopodobieństwa. Pokazuje również niezmienniczość teorii na transformacje cechowania oraz transformacje kombinowane. W rozdziale szóstym badane są stany dwufotonowe i konstruowane odpowiednie stany Bella w rozważanym formalizmie. Rozdział siódmy poświęcony jest analizie własności transformacyjnych stanów dwufotonowych, w szczególności w sytuacji gdy są one maksymalnie splątane. Z kolei celem analizy w rozdziale ósmym i dziewiątym jest struktura obserwabli w eksperymentach EPR z udziałem fotonów oraz postać odpowiednich funkcji korelacji. Rozprawę kończy podsumowanie rezultatów (rozdział dziesiąty), Dodatek (rozdział jedenasty) oraz spis literatury.

Praca napisana jest w języku angielskim. Rozważana problematyka przedstawiona jest w sposób bardzo wyczerpujący, ze szczegółowymi wyprowadzeniami podstawowych formuł.

Kandydatka ma swój własny wkład w uzyskanie wyników każdego z rozdziałów (2-9); jest on największy w rozdziałach dotyczących stanów dwufotonowych i korelacji kwantowych typu EPR (rozdziały 6-9). Uważam ten wkład za znaczący i istotny dla podstaw kwantowej teorii pola elektromagnetycznego, jak również interesujący i w pełni spełniający warunki ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym.

Wobec powyższego, wnoszę o dopuszczenie mgr Klaudi Wrzask do dalszych etapów postępowania w procesie doktorskim.



Jakub Rembieliński