

Algebraiczne podejście do efektu Casimira w układzie z dwoma potencjałami typu quasi-delta

Streszczenie

Kamil Ziemian

W pracy tej analizujemy model dla efektu Casimira w układzie pola skalarnego sprzężonego z dwoma quasi-potencjałami przybliżającymi dwie delty Dirac’a, przy pomocy formalizmu rozwiniętego przez Andrzeja Herdegena. W tym podejściu główny nacisk jest położony na zrozumienie algebraicznej struktury modeli, które są używane do analizy siły Casimira. Siła ta jest interpretowana jako odpowiedź zwrotna układu kwantowego, reagującego na zmianę zewnętrznych warunków makroskopowych. Okazuje się, że tego typu model muszą spełniać stosunkowo silne ograniczenia natury matematycznej, by mogły zostać zastosowane do badań efektu Casimira.

Prezentujemy dobrze zdefiniowany model układu, który zawiera pole skalarne oraz dwa centra oddziaływania oraz dowodzimy, że spełnia on wszystkie wymagane warunki natury fizycznej i matematycznej.

Następnie rozważamy jednoparametrową rodzinę modeli badanego typu, wykazując, że po wzięciu odpowiedniej granicy w tym parametrze, model ten opisuje oddziaływanie pola z dwoma ścisłymi deltami Diraca. Energia Casimira dla modelu granicznego jest pozbawione fizycznego sensu, zasadne jest jednak zbadanie jej zachowania dla modeli bliskich przypadkowi granicznemu. Odpowiednie rozwinięcie asymptotyczne globalnej energii Casimira zostaje wyprowadzone. Wyrazy wiodące tego rozwinięcia zależą silnie od wyboru quasi-potencjału, co odróżnia ten przypadek od układu dwóch płytek. Zachowanie wiodących członów rozwinięcia zostało przeprowadzone za pomocą kombinacji metod analitycznych i numerycznych. Tym sposobem otrzymano przekonujący obraz zachowania siły w tej klasie układów, która jest zawsze odpychająca i bardzo szybko dąży do zera wraz z rosnącą odległością. Podajemy również pewne analityczne ograniczenia na resztę omawianego rozwinięcia.

Przebadana została również lokalna gęstość energii badanych modeli. Pokazane zostało, że po usunięciu energii samooddziaływania centrów, lokalna gęstość energii posiada dobrze określoną granicę, gdy quasi-potencjał dąży do delty Dirac’a. Ta graniczna gęstość energii okazuje się być niezależna od modelu, lecz całka z niej po całej przestrzeni jest rozbieżna. Ten fakt jest w pełni zgodny z resztą przeprowadzonej analizy i prowadzi do wniosku, że w nadmiernie wyidealizowanym przypadku delty Dirac’a nie można odtworzyć globalnej energii z lokalnej. Pozostaje to w zgodzie z wynikami otrzymanymi poprzednio przez Andrzeja Herdegena i Mariusza Stopę.

Praca zawiera omówienie szerokiego pola zagadnień oraz trudności, zarówno eksperymentalnych jak i teoretycznych, występujących w różnych podejściach do efektu Casimira. W naszej ocenie, niektóre z nich stoją na dość słabych podstawach teoretycznych. W szczególności, porównujemy otrzymane przez nas wyniki z tymi już obecnymi w wcześniejszej literaturze, które dotyczą podobnych systemów.