

Raport z projektu studenckiego: “Przesunięcie Lamba i efekty podczerwone w elektrodynamice kwantowej.”

W trakcie realizacji projektu studenckiego przeanalizowano przesunięcie Lamba oraz efekty podczerwone w kontekście elektrodynamiki kwantowej. Spotkania z opiekunem projektu, prof. Derezińskim, odbywały się niemal co tydzień i były okazją do szczegółowego omawiania aspektów teoretycznych i obliczeniowych związanych z wyżej wymienionymi zjawiskami. Na podstawie tych dyskusji opracowano dwa skrypty: jeden poświęcony przesunięciu Lamba, a drugi efektom podczerwonym.

Streszczenia skryptów

Przesunięcie Lamba

W skrypcie zostało omówione zagadnienie obliczania poprawek do energii stanów związanych w kwantowej teorii pola z zewnętrznym, klasycznym potencjałem. Formalizm ten może być stosowany do obliczenia efektu w elektrodynamice kwantowej znanego jako przesunięcie Lamba. W pracy zawęziliśmy się do traktowania problemu przesunięcia Lamba jako problemu w teorii z zewnętrznym potencjałem a nie podejmowaliśmy próby analizowania go jako zagadnienia dwuciałowego. Zostały omówione dwa wyprowadzenia wzoru na przesunięcie energii, z wykorzystaniem obrazu Furry’ego. W drugiej części skryptu, przytoczony został klasyczny rachunek P. J. Mohra, w którym obliczony został diagram samoodziaływania elektronu w obrazie Furry’ego. Motywacją do podejmowanej analizy była próba zrozumienia czy w teorii z masywnym fotonami przesunięciu Lamba zależy od masy w sposób ciągły w otoczeniu zerowej masy fotonu.

Efekty podczerwone

W skrypcie został omówiony problem podczerwony w elektrodynamice kwantowej oraz próba jego rozwiązania za pomocą tzw. ubrań Faddeeva-Kulisha. Na początku przetłumaczono klasyczną definicję promieniowania, znaną z podręczników elektrodynamiki, w języku kwantowej teorii pola. Omówiono też geometryczne sformułowanie warunków brzegowych modów radiacyjnych przy pomocy współczynników Newman-Penrose’a. Następnie przeanalizowano rozbieżności podczerwone pojawiające się w diagramach Feynmana. Wyprowadzono wiodące i sub-wiodące “miękkie twierdzenie” (ang. “soft theorem”) dla elektrodynamiki, i przy ich pomocy wykazano, że resumacja rozbieżności podczerwonych prowadzi do trywialnego operatora S w standardowej przestrzeni Focka, zbudowanej ze stanów zawierających skończoną liczbę zewnętrznych fotonów. W dalszej części skonstruowano ubrania Faddeeva-Kulisha i pokazano, że eliminują one rozbieżności podczerwone. Na zakończenie krótko opisano przewidywane przez miękkie twierdzenia zjawisko fizyczne znane jako “efekt pamięci” (ang. “memory effect”).