

UNIwersytet Warszawski

## Streszczenie

Wydział Fizyki

Rozprawa Doktorska

### Rekombinacja Radiacyjna w Silnych Impulsach Laserowych

Deeksha Kanti

Rozprawa doktorska poświęcona jest rekombinacji radiacyjnej w asyście impulsów laserowych (LARR), które to zjawisko odgrywa znaczącą rolę w fizyce silnych pól laserowych. Proces ten jest kluczowy, gdyż stanowi podstawowy krok w generowaniu harmonicznych wyższego rzędu, co doprowadziło na przestrzeni ostatnich lat do rozwoju fizyki attosekundowej.

W rozprawie przedstawiono kompleksowe omówienie procesu LARR, zaczynając od analizy wspomaganej laserowo rekombinacji radiacyjnej elektron-atom. Rozważono rekombinację elektronu z atomem wodoropodobnym pod wpływem krótko-zasięgowego potencjału atomowego oraz w obecności impulsu laserowego, co skutkuje emisją fotonów o wysokiej energii. Ponadto, potraktowano impuls laserowy w przybliżeniu dipolowym. W przeciwieństwie do poprzednich sformułowań teoretycznych, przedstawione w rozprawie podejście eliminuje niefizyczne oscylacje w widmie energetycznym emitowanych fotonów. Identyfikuje również rekombinację bez pola laserowego, która objawia się jako pik w rozkładzie energetycznym promieniowania. Wraz z parametrami takimi jak energia elektronu, faza obwiedni impulsu laserowego czy jego kształt, zbadaliśmy ponadto wpływ ciągu identycznych impulsów laserowych na rozkład energii promieniowania. Nasze badania pokazały, że rozkład ten spójnie się wzmacnia, zmieniając się proporcjonalnie do kwadratu liczby impulsów w ciągu. Ponadto, przeprowadziliśmy analizę czasowo-częstotliwościową rozkładu energii LARR, co umożliwiło z kolei diagnostykę impulsów laserowych.

W pewnych warunkach przybliżenie dipolowe nie jest spełnione. Dlatego wymienione powyżej wyniki stanowiły wstęp do badań nad procesem LARR poza przybliżeniem dipolowym. Naszym celem było też zbadanie wpływu potencjału kulombowskiego na widmo energetyczne LARR. W związku z powyższym zbadano rekombinację elektronu do dodatniego jonu wodoropodobnego w obecności potencjału kulombowskiego i pola laserowego, gdzie to ostatnie zmieniało się w przestrzeni i w czasie. Aby uwzględnić poprawki pozadipolowe w wiodącym rzędzie  $1/c$ , przeprowadzono relatywistyczną redukcję równania Kleina-Gordona dla stanu rozproszonowego elektronu. Nasza analiza pokazała, że poprawki pozadipolowe mogą wywodzić się z transformacji cechowania, opóźnienia bądź z odrzutu. Zaobserwowano efekty pozadipolowe manifestujące się jako poszerzenie zakresu plateau w widmie energetycznym promieniowania LARR i asymetria w rozkładach kątowno-energetycznych generowanego promieniowania, przypisywane przede wszystkim efektowi odrzutu elektronu oddziałującego z polem laserowym. Pokazano też zwiększenie intensywności określonych harmonicznych na brzegach plateau LARR spowodowane obecnością impulsów ze świergotem. Na zakończenie zademonstrowano struktury węzłowe i wirowe w amplitudzie prawdopodobieństwa LARR.