

Streszczenie

Wydział Fizyki

Rozprawa doktorska

Inżynieria i kontrola procesów kwantowych krótkimi impulsami laserowymi

Felipe Cajiao Vélez

Przedmiotem badań są dwa spośród najważniejszych zjawisk fizyki silnych pól: jonizacja impulsami laserowymi o dużym natężeniu oraz generacja wyższych harmonicznych. Do analizy pierwszego z nich rozwinięte zostało uogólnione przybliżenie eikonalne, które uwzględnia oddziaływanie pomiędzy zjonizowanym elektronem i jego macierzystym jonem. W odróżnieniu od pierwotnie stosowanego przybliżenia eikonalnego, uogólniony eikonał unika osobliwości w centrum potencjału kulombowskiego i dlatego może być stosowany do analizy powtórnego rozpraszania elektronu na jego macierzystym jonie w języku trajektorii kwantowych. Do badania drugiego ze zjawisk wykorzystano model Lewensteina, w którym zaniechuje się oddziaływanie elektronu z jonem po tym, jak elektron spenetruje barierę kulombowską i zanim zrekombinuje. Pomimo to model ten jakościowo poprawnie opisuje zjawisko generacji wyższych harmonicznych.

Uogólnione przybliżenie eikonalne zostało zastosowane do badania koherentnych struktur interferencyjnych, jakie obserwowane są w widmach energetycznych fotoelektronów oraz ich zmian spowodowanych oddziaływaniem fotoelektronów z potencjałem atomowym. W rozprawie przeanalizowano również wpływ czynników charakteryzujących impulsy laserowe (takich jak modulacje obwiedni impulsu czy ilość oscylacji) na własności tychże struktur. Tym samym wskazano na możliwość kontroli badanego procesu zewnętrznym polem laserowym. Z kolei model Lewensteina został wykorzystany do analizy sygnału wyższych harmonicznych generowanych na skutek oddziaływania pola laserowego z klastrem węglowym C_{20} (fullerenem C_{20} oraz dwoma jego izomerami: pierścieniem i misą) oraz z cząsteczką azotu. Pokazano, że widma wyższych harmonicznych posiadają wyraźne modulacje, które wiążą się bezpośrednio z geometrią cząsteczek oraz symetrią ich orbitali. Głównym źródłem tych modulacji są interferencja wielocentrowa paczki falowej elektronu oraz interferencja trajektorii kwantowych. Inne własności, np. polaryzacja sygnału wyższych harmonicznych oraz ich eliptyczność w sytuacji, gdy wyższe harmoniczne generowane są z cząsteczki azotu zostały również zbadane i powiązane ze strukturą molekularną. W rozprawie przedyskutowano też perspektywy zastosowania własności generowanego sygnału wyższych harmonicznych do konstrukcji prostej techniki spektroskopowej pozwalającej na wyznaczenie konfiguracji geometrycznej cząsteczek. Wskazano również na możliwość zastosowania uogólnionego przybliżenia eikonalnego do badania jonizacji układów atomowych o wielu centrach oraz innych zjawisk zachodzących w obecności silnych pól.