

W niniejszym projekcie zamierzamy zbadać fundamentalne procesy elektrodynamiki kwantowej w obecności silnych pól laserowych. W szczególności skupimy naszą uwagę na rozpraszaniu Comptona, procesie Bethego-Heitlera, mechanizmie Sautera-Schwingera i generacji wirowych stanów elektronowych o bardzo dużym orbitalnym momencie pędu. Konieczność ponownej teoretycznej analizy tych procesów wiąże się z powstaniem nowych międzynarodowych centrów laserowych, w których już są (lub będą w najbliższym czasie) wytwarzane impulsy laserowe o bardzo dużej intensywności i krótkim czasie trwania.

Bezspornie, odkrycie lasera okazało się jednym z najważniejszych technologicznych i naukowych osiągnięć drugiej połowy zeszłego stulecia, prowadzącym do wielu zastosowań, np. w medycynie, biologii lub telekomunikacji. Ale lasery są również kluczowym narzędziem w badaniach fundamentalnych problemów, z jakimi spotykamy się w fizyce lub kosmologii. To właśnie dzięki rozwojowi technologii laserowej stała się możliwa detekcja fal grawitacyjnych, jak również wytworzenie kondensatu Bose'go-Einsteina.

Fundamentalnym znaczeniem dla nauki i technologii w tych odkryciach jest to, że spójną wiązkę światła można skompresować do bardzo krótkiego i silnego impulsu. Stało się to możliwe dzięki epokowym odkryciom D. Strickland i G. Mourou, których osiągnięcia doczekały się nagrody Nobla w 2018r. Obecnie nawet w niewielkich laboratoriach można generować impulsy świetlne trwające kila femtosekund i o intensywnościach 10^{18}W/cm^2 . Przyczyniło się to do burzliwego rozwoju takich nowych dziedzin nauki jak femtochemia lub attofizyka, które ściśle wiążą się z tzw. fizyką silnych pól. Aby osiągnąć jeszcze większe intensywności powstała potrzeba powołania międzynarodowych centrów laserowych, takich jak europejska infrastruktura ELI (*European Light Infrastructure*), która w chwili obecnej składa się z trzech ośrodków dedykowanych badaniom w dziedzinach fizyki jądrowej, attofizyki i fizyki plazmy. Ponadto, planowane jest stworzenie czwartego centrum.

Celem naszych badań jest między innymi teoretyczna analiza procesów kwantowych zachodzących w tak silnych polach laserowych, że efekty relatywistyczne stają się tu dominujące. W szczególności zamierzamy przedyskutować problem sterowania nieliniowym rozpraszaniem Comptona, kreacją par elektronowo-pozytonowych w procesach Bethego-Heitlera i Sautera-Schwingera oraz generacją w jonizacji wirowych stanów elektronowych o bardzo dużym orbitalnym momencie pędu. Sądzymy, że kontrola tych procesów (np. ich istotne wzmocnienie) w dużym stopniu może być osiągnięta poprzez odpowiednie dostosowanie parametrów charakteryzujących silne impulsy laserowe. Można mieć nadzieję, że dzięki tym badaniom znacznie rozszerzy się zakres wykorzystania tych procesów we współczesnej nauce i technice. Na przykład, efekt Comptona służy generacji wysokoenergetycznych wiązek fotonów gamma i promieniowania X, które mogą znaleźć zastosowanie zarówno w obrazowaniu medycznym, jak i w wytwarzaniu par elektronowo-pozytonowych np. w procesie Breita-Wheelera. Ponadto, koherentne wiązki elektronowe wytwarzane w procesie jonizacji mogą być wykorzystane w mikroskopii elektronowej, zaś właściwości promieniowania generowanego w procesie rekombinacji elektronów mogą posłużyć lepszej diagnostyce silnych impulsów laserowych.