

**Nr umowy:** UMO-2017/27/B/ST2/01890

**Tytuł:** CHRONOSKOPIA RENTGENOWSKA - nowe narzędzie do badań sub-femtosekundowych procesów elektronowych w materii.

### **Cel projektu**

Projekt ma na celu zbadanie nowych stanów atomowych powstających w wyniku nieliniowego oddziaływania promieniowania X z materią. Nieliniowe oddziaływania promieniowania X z atomami zostały zaobserwowane po raz pierwszy dopiero niedawno z wykorzystaniem laserów rentgenowskich na elektronach swobodnych (XFEL z ang. X-ray Free Electron Lasers). Badania te nie pozwalają jednak na uzyskanie pełnej informacji odnośnie dynamiki tych procesów. Źródła XFEL dostarczają ultra-krótkich impulsów promieniowania X, jednak impulsy te są wciąż zbyt rozciągnięte w czasie, aby umożliwić obserwacje wstępnych wzbudzeń atomowych, jak i dynamiki przejść elektronowych w materii. Aby ominąć limit wynikający ze zbyt małej zdolności rozdzielczej zadanej przez długość impulsu rentgenowskiego, wykorzystamy w projekcie innowacyjne rozwiązania spektroskopowe pozwalające na pomiar rozkładu czasowego impulsu promieniowania X (z sub-femtosekundową rozdzielczością czasową) po oddziaływaniu z badaną próbką.

W ramach projektu zrealizujemy dwa główne cele badawcze:

- a) rozwój i budowa aparatury: opracowanie schematów spektroskopowych umożliwiających pomiar rozkładów czasowych promieniowania X, które pozwalają na pomiary w tzw. trybie impuls-do-impulsu
- b) zastosowanie do badań z zakresu fizyki atomowej: zastosowanie metody do pomiarów dynamiki przejść elektronowych w procesach nieliniowego oddziaływania promieniowania X z materią: absorpcja nasyciona i absorpcja dwufotonowa promieniowania rentgenowskiego. Pomiary uzupełnione zostaną obliczeniami teoretycznymi opierającymi się na modelach równań kinetycznych.

Pomiary czasowych profili impulsów promieniowania rentgenowskiego, przed oraz za próbką, będą wykonane przy pomocy metodologii bazującej na terahercowym detektorze smugowym. W proponowanym projekcie zostaną zrealizowane dwa innowacyjne podejścia. Pierwsze rozwiązanie opiera się na wykorzystaniu najnowocześniejszych osiągnięć z zakresu detekcji promieniowania X, które są stosowane na źródłach XFEL. Wykorzystamy pomysł nieinwazyjnych pomiarów rozkładu impulsu promieniowania X z sub-femtosekundową zdolnością rozdzielczą przy użyciu terahercowego detektora smugowego w sekwencji detektor-próbka-detektor do czasowej spektroskopii rentgenowskiej czyli chronoskopii rentgenowską. Po drugie, zamierzamy bezpośrednio zastosować chronoskopię rentgenowską do pomiarów, w czasie rzeczywistym, dynamiki elektronów i przejść

elektronowych wywołanych nieliniowym oddziaływaniem promieniowania X z atomami próbki.

Chcielibyśmy podkreślić, że metoda chronoskopii rentgenowskiej, która będzie zainicjowana w proponowanym projekcie, wraz z pomyslnym zademonstrowaniem możliwości pomiarowych, będzie miała olbrzymi wpływ na badania naukowe wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie. Proponowana metodologia może być poszerzona o pomiary czasowych profili promieniowania rentgenowskiego w eksperymentach emisyjnych czy dyfrakcyjnych, w badaniach chemicznych i biologicznych. Projekt dostarczy także nowych informacji na temat dynamiki przejść elektronowych z sub-femtosekundową rozdzielczością i pozwoli zobrazować mechanizmy fizyczne prowadzące do nieliniowych oddziaływań promieniowania X z materia.