

Głównym celem projektu jest zbudowanie nowego układu eksperymentalnego oraz grupy badawczej pozwalającej na badania oddziaływania światła z atomami w bardzo specyficznym układzie, gdzie atomy umieszczone są między dwoma lustrami o wysokim współczynniku odbicia. Dalekosiężny plan zakłada budowę nowego typu optycznego zegara atomowego – aktywnego optycznego zegara, urządzenia do badania fizyki fundamentalnej oraz do praktycznych zastosowań w przyszłości.

Zegary atomowe są głęboko zakorzenione w naszym codziennym życiu, choć często nie zdajemy sobie sprawy z ich istnienia. Urządzenia te pozwalają na precyzyjną synchronizację urządzeń i standaryzację pomiarów. Obecnie bez precyzyjnej synchronizacji ciężko sobie wyobrazić bezpieczną bankowość internetową czy telekomunikację bezprzewodową, lecz najprawdopodobniej nie moglibyśmy także polegać na sieci energetycznej. Kolejnym zastosowaniem zegarów atomowych jest nawigacja satelitarna (np. GPS). Już dziś w kilku wybranych laboratoriach na świecie (w tym w Krajowym Laboratorium FAMO w Toruniu) działa lepsza generacja zegarów, tak zwane optyczne zegary atomowe. Pozwolą one nie tylko na jeszcze lepszą synchronizację urządzeń, ale otwierają nowe możliwości – a to dzięki od stu do tysiąca razy lepszej dokładności i precyzji w porównaniu do nawet najlepszych zegarów mikrofalowych. Wśród nowych możliwości praktycznego wykorzystania optycznych zegarów znajduje się na przykład geodezja, gdzie lepsze zegary pozwolą na zdalne poszukiwanie minerałów, badanie wulkanów i ruchów płyt kontynentalnych (może nawet przewidywanie wybuchu wulkanów czy trzęsień ziemi), czy zdalne monitorowanie poziomu wód gruntowych. Oprócz zastosowań utylitarnych optyczne zegary stanowią obecnie również bardzo ważne narzędzie w badaniu fizyki fundamentalnej i przykładowo służą do szukania ciemnej materii, badania niezmienności stałych fizycznych, testowania naszej obecnej wiedzy o świecie i szukania nowych praw fizyki. Wiemy, że podobnie jak to było w przeszłości, tak i w przyszłości będziemy potrzebowali coraz lepszych zegarów – wzorców częstotliwości. Jest to szczególnie widoczne poprzez nakłady finansowe na optyczne zegary, szczególnie w najbardziej rozwiniętych technologicznie państwach takich jak USA, Wielka Brytania, Niemcy, Francja czy Japonia. Optyczne zegary są obecnie wyzwaniem naukowym, ale i w dużej mierze wyzwaniem technologicznym i widoczne jest, że zbliżamy się do bariery ograniczającej ich dalszy rozwój. Pomysł w proponowanym projekcie polega na tym, aby zamiast nieustannie szlifować obecną technologię i poprawić nasze możliwości o czynnik rzędu dwa, obejść ograniczenia nową metodą i znowu mieć przed sobą perspektywę poprawienia możliwości zegarów o rzędy wielkości. Klasyczny pasywny zegar działa na zasadzie porównywania częstotliwości fali świetlnej lasera z rezonansowym efektem w atomach. Atomy, identyczne na całym świecie, zapewniają doskonałą dokładność i powtarzalność, a światło lasera wysoką stabilność krótkoczasową. Nowy aktywny zegar działał będzie poprzez pominięcie w jego konstrukcji lasera i zmuszeniu bezpośrednio atomów do produkcji zarówno stabilnego jak i dokładnego w częstotliwości światła laserowego. Będzie to możliwe dzięki budowie nowego układu doświadczalnego, pozwalającego na wszechstronne badania i w przyszłości funkcjonalnego aktywnego zegara atomowego. Obecnie istnieją modele teoretyczne pozwalające opisać działanie takiego zegara (między innymi opublikowane przez autora tego wniosku), które pozwoliły opisać i wytłumaczyć pierwsze badania prowadzone w tym kierunku. Model teoretyczny został przetestowany na prostszych układach doświadczalnych i kolejny krok to budowa pełnego i uniwersalnego układu będącego testerem nowych rozwiązań. Jednocześnie z budową, znając w pełni warunki, możliwości oraz ograniczenia układu możliwe będzie określenie potencjału zegara np. do szukania ciemnej materii, nowej fizyki czy zastosowań utylitarnych.

Ostatecznym celem, do którego ten projekt prowadzi, będzie budowa optycznego zegara atomowego o pracy ciągłej do zastosowań zarówno w fizyce podstawowej, jak również do zastosowań utylitarnych. Projekt ten ma za cel otwarcie nowego rozdziału w badaniach poprzez obejście obecnych ograniczeń, do których zbliżają się optyczne zegary.