

# Synchrotron SOLARIS

Emilia Król

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS  
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

## Zapraszamy naukowców na pomiary w synchrotronie SOLARIS

Naukowcy z kraju i zagranicy już od października ubiegłego roku mogą prowadzić regularne badania w Centrum SOLARIS. Znajdujący się w ośrodku synchrotron stwarza im unikalne możliwości badawcze, dotąd niedostępne w Europie Środkowo-Wschodniej. O wybudowanie w Polsce synchrotronu zabiegano od ponad trzydziestu lat, dlatego pierwsi użytkownicy w SOLARIS to przełomowy moment dla polskiej nauki.



Fot. 1. Budynek Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS, w którym mieści się synchrotron. (fot. Michał Domański)

Aktualnie na naukowców czekają dwie linie badawcze UARPES oraz PEEM/XAS, z pomocą których można prowadzić badania w zakresie fizyki ciała stałego, chemii, fizyki nadprzewodników czy nowych materiałów elektronicznych.

Naukowcy, którzy zgłoszą swoje wnioski w aktualnym naborze, będą mieli do dyspozycji czas badawczy od marca 2020 roku.

Czas badawczy zostanie przyznany naukowcom na zasadach konkursowych, aplikacje oceni międzynarodowa komisja.

Po pierwszym naborze wniosków przeprowadzono 26 eksperymentów, natomiast po drugim naborze za-

kwalifikowane zostały 24 wnioski badawcze. Pomiary na liniach wykonywali badacze afiliowani w polskich uczelniach i instytucjach badawczych: Akademii Górniczo-Hutniczej, Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN, Instytucie Fizyki PAN, Uniwersytecie Jagiellońskim, Uniwersytecie Śląskim, Uniwersytecie Rzeszowskim, Uniwersytecie Warszawskim i Uniwersytecie Wrocławskim. Są też aplikacje z Hiszpanii, Włoch, Estonii, Słowacji i Austrii.

Naukowcy badają izolatory topologiczne, materiały dirakowskie i nadprzewodniki, a także właściwości elektroniczne materiałów, oddziaływania magnetyczne i rozkład pierwiastków w materiałach. W przyszłości wyniki pomiarów mogą przyczynić się m.in.: do opracowania wydajniejszych ogniw fotowoltaicznych, szybszych i pojemniejszych dysków twardych czy nowych materiałów elektronicznych.

Z wyników pomiarów przeprowadzonych w SOLARIS powstał już pierwszy naukowy artykuł opublikowany w *Scientific Reports*-- prestiżowym czasopiśmie wydawanym przez Nature Research.

Aplikację o czas badawczy w Centrum SOLARIS może złożyć każdy zainteresowany naukowiec, zarówno z Polski, jak i zagranicy. Nabory wniosków odbywają się dwa razy w roku (wiosną i jesienią). Naukowcy składają swoje aplikacje online, za pośrednictwem serwisu Digital User Office. Korzystanie z infrastruktury SOLARIS jest dla naukowców całkowicie **bezpłatne**. Przed złożeniem wniosku warto przedyskutować z opiekunem linii badawczej techniczną możliwość przeprowadzenia planowanego eksperymentu.

## Polski synchrotron – światło dla nauki

Centrum SOLARIS to ośrodek badań prowadzonych z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego.

Promieniowanie synchrotronowe (zwane również światłem synchrotronowym) jest wytwarzane

w synchrotronie, do którego dołączane są linie badawcze ze stanowiskami pomiarowymi. Linie modyfikują światło synchrotronowe w taki sposób, by najlepiej służyło badaniom, które są przy nich prowadzone.

Obecnie do synchrotronu SOLARIS dołączone są dwie linie badawcze (PEEM/XAS z dwoma stanowiskami pomiarowymi oraz UARPES z jednym stanowiskiem). W przyszłości jednak na hali eksperymentalnej Centrum SOLARIS będzie funkcjonowało kilkanaście linii badawczych z około dwudziestoma stanowiskami pomiarowymi.

Centrum SOLARIS cały czas się rozbudowuje. W miarę powstawania nowych linii badawczych oferta zarówno dla naukowców jak i różnych sektorów przemysłu będzie się rozszerzać.

Na hali eksperymentalnej w Centrum SOLARIS trwa bowiem budowa dwóch kolejnych linii badawczych PHELIX i XMCD.

Linia PHELIX będzie wykorzystywała miękkie promieniowanie rentgenowskie. Jej stacja badawcza umożliwi szeroki zakres badań spektroskopowych i absorpcyjnych charakteryzujących się różną czułością powierzchniową. Użytkownicy będą zatem mogli prowadzić badania nowych materiałów, cienkich warstw i wielowarstw, katalizatorów i biomateriałów, badania powierzchni materiałów litych, stanów powierzchniowych spolaryzowanych spinowo oraz zachodzących na powierzchni reakcji chemicznych.

Następną linią w budowie jest linia eksperymentalna miękkiego promieniowania rentgenowskiego przeznaczona do badań magnetycznego dichroizmu kołowego XMCD.

Linia działała w ośrodku badawczym MaxLab w Lund (Szwecja). W lutym 2016 r. została zdemontowana i przetransportowana do Krakowa przez członków zespołu SOLARIS.

Magnetyczny dichroizm kołowy to technika pozwalająca na badanie właściwości materiałów magnetycznych. Technika XMCD znajduje zastosowanie w badaniach m.in.: warstw magnetycznych, nanostruktur, struktury magnetycznej i elektronicznej.

Planujemy także linię krystalograficzną, na której budowę w czerwcu 2018 r. podpisaliśmy umowę ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja).

Na mocy umowy powstanie Laboratorium Badań Strukturalnych Makromolekuł i Nowych Materiałów, którego podstawę stanowić będzie linia do badań strukturalnych. Linia ta jest jedną z najbardziej pożądanych przez polskie środowisko naukowe, jak i przemysłowe. Jej stanowiska badawcze umożliwią badania o charakterze podstawowym, jak i aplikacyjnym, takie jak:

- kompleksowe badania struktur krystalicznych próbek różnych materiałów, w tym próbek biologicznych (białek, kompleksów białkowych, kwasów nukleinowych itd.), makrocząsteczek biologicznych w roztworach, zawiesin nanocząstek, nowych nanomateriałów (układów polimerowych, sit molekularnych, nanokompozytów, ciekłych kryształów itd.);
- badania struktur krystalicznych materiałów funkcjonalnych pod wysokim ciśnieniem;
- badania strukturalnych przejść fazowych pod wysokim ciśnieniem;
- badania struktur obiektów nieuporządkowanych (białek, białek błonowych i kulistych, kompleksów wielkocząsteczkowych, wirusów i cząstek wirusopodobnych, błon biologicznych, kwasów nukleinowych i ich kompleksów z białkami i / lub zespółami do dostarczania leków.

Otrzymaliśmy także finansowanie z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na budowę dwóch linii badawczych FTIR (linia eksperymentalna do badań w podczerwieni) i POLYX (linia badawcza do multimodalnego obrazowania rentgenowskiego) oraz stacji badawczej skaningowej transmisyjnej mikroskopii rentgenowskiej STXM.

Ważnym wydarzeniem nie tylko dla SOLARIS, ale także dla świata nauki jest zakup kriomikroskopu elektronowego i utworzenie pod dachem SOLARIS Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej. Po kilku miesiącach instalacji przeprowadzone zostały pierwsze testy. Wkrótce kriomikroskop będzie dostępny dla użytkowników. Wniosek złożony do MNISW o sfinansowanie zakupu mikroskopu to wspólna inicjatywa 17 wiodących instytucji naukowych w Polsce prowadzących badania z zakresu biologii strukturalnej. Konsorcjum działa pod przewodnictwem dr. Sebastiana Glatta z Małopolskiego Centrum Biotechnologii UJ i dr. hab. Marcina Nowotnego z Międzynarodowego Instytutu Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie.

## O synchrotronie

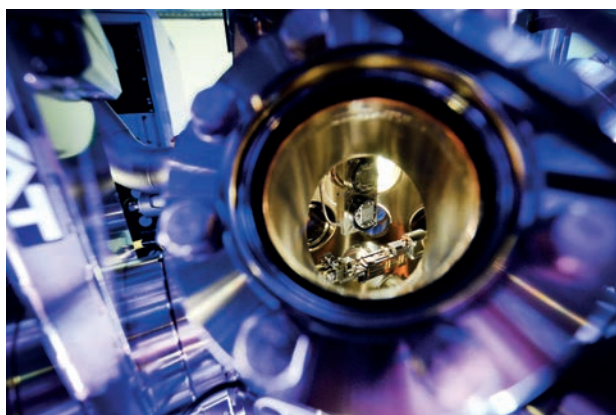
Synchrotrony pozwalają zajrzeć w głąb materii i dokonać jej precyzyjnych analiz. Dzięki nim naukowcy mogą badać zarówno skład badanej substancji, jak i jej strukturę – światło synchrotronu może przenikać do wnętrza badanej materii. Może odwzorować z dowolną szczegółowością ukryte warstwy lub ich wybrane fragmenty, bez uszkodzania tych położonych na zewnątrz. Promieniowanie synchrotronowe stymuluje również procesy zachodzące w materii – wywołuje zmiany w badanych

objektach. Synchrotrony otwierają zupełnie nowe możliwości badawcze. Dzięki nim można przeprowadzić analizy, które dotychczas dla badaczy były niedostępne. Synchrotrony pozwalają również uzyskać w krótszym czasie lepsze wyniki tych badań, które wcześniej były realizowane zwykłymi metodami. To obecnie najwszechstronniejsze urządzenia, jakimi dysponują nauki przyrodnicze i techniczne, takie jak biologia, chemia, fizyka, inżynieria materiałowa, nanotechnologia, medycyna, farmakologia, geologia czy krytalografia.

Centrum SOLARIS działa przy Uniwersytecie Jagiellońskim. Zlokalizowane jest na terenie Kampusu 600-lecia Odnowienia UJ, w południowej części Krakowa. Sąsiaduje ze specjalną strefą ekonomiczną Krakowskiego Parku Technologicznego. Centrum zostało wybudowane w latach 2011–2014. Inwestycję dofinansowała Unia Europejska ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013.

### Co badamy w synchrotronie?

Rozpoczęliśmy nowy nabór wniosków o czas badawczy na liniach pomiarowych w synchrotronie SOLARIS. Już wkrótce naukowcy będą mogli realizować swoje badania, z których powstaną interesujące publikacje i prezentacje na konferencjach. W tym kontekście warto przywołać kilka przykładów badań, które były wykonywane na naszych liniach badawczych w poprzednich naborach.



Fot. 2. Fragment stacji badawczej UARPES. (fot. Anna Wojna)

### Nowe metody zapisu danych

Jedną z dwudziestu kilku grup badawczych w pierwszym naborze była grupa dra inż. Piotra Kuświka z Instytutu Fizyki Molekularnej PAN z Poznania, która wykonywała badania w zakresie fizyki ciała stałego wykorzystując linię PEEM/XAS. Grupa badała ultracienkie warstwy magnetyczne, które mogą posłużyć jako nośnik do zapisu informacji.

W przyszłości wyniki badań pozwolą określić czy istnieje możliwość utworzenia bardzo małych struktur magnetycznych i ich zastosowania w pamięciach masowych o wysokiej gęstości zapisu danych. Wyzwaniem dla naukowców jest uzyskanie takich stabilnych struktur w temperaturze pokojowej, które pozwoliłyby zwiększyć aktualnie uzyskiwane gęstości zapisu informacji w konwencjonalnych dyskach twardych. Chociaż są to badania podstawowe mające na celu zdobywanie nowej wiedzy o zjawiskach fizycznych, nie wyklucza się ich zastosowania również do opracowania nowego typu tranzystorów czy układów logicznych.

*Praca na synchrotronie to jeden z etapów naszej pracy badawczej – mówi Piotr Kuświk lider grupy realizujący projekt NCN SONATA-BIS. Zanim dotarliśmy tutaj pracowaliśmy blisko 4 lata. Pierwszym etapem było opracowanie technologii wytworzenia warstw magnetycznych z wykorzystaniem rozpylania magnetronowego i ablacji laserowej. Te prace wymagały zastosowania specjalistycznej aparatury próżniowej, która została zakupiona z projektu SpinLab współfinansowanego ze środków UE. Po ich wytworzeniu wykonuje się serię pomiarów w celu określenia ich podstawowych właściwości strukturalnych i magnetycznych. Taką charakterystykę wykonaliśmy przy zastosowaniu szeregu metod badawczych przy użyciu aparatury takiej jak: dyfraktometr, mikroskop sił magnetycznych, magnetometr. Po uzyskaniu pożądanych wielkości fizycznych, przyszedł czas na wykonanie badań na synchrotronie – uzupełnia naukowiec.*

Świat nauki i biznesu pokłada dużą nadzieję w rozwoju nowych nośników danych, które będą mogły zrewolucjonizować zapis rosnącej lawinowo ilości danych. Dlatego mamy nadzieję, że praca tej grupy badawczej dzięki pomiarom na synchrotronie znajdzie wiele nowatorskich zastosowań.

### Wydajniejsze ogniwa fotowoltaiczne

Kolejną grupą działającą w obiecującym i innowacyjnym obszarze to grupa prof. Małgorzaty Igalson z Politechniki Warszawskiej, która wykonała pomiary na stacji XAS. Ich badania koncentrują się w obszarze fizyki materiałowej ogniw słonecznych. Na synchrotronie badają jeden z rodzajów cienkich ogniw słonecznych i sprawdzają gdzie w tych ogniwach lokuje się sód. Jest to ważne, gdyż sód należy do czynników, które poprawiają wydajność ogniw.

W latach 90-tych XX w. na Uniwersytecie w Uppsali przez przypadek odkryto, że sód zwiększa wydajność ogniw słonecznych typu CIGS. Wykonując ogniwo na zwykłym szkle, zawierającym m.in. tlenek i węgiel sodu, zaobserwowano, iż wydajność ogniwa wzrosła.

*Wspólnie z doktorantką Panią Anielą Czudek sprawdzamy dlaczego ogniwa CIGS zwiększają wydajność po dodaniu sodu. Na synchrotronie badamy otoczenie atomów sodu w ogniwie – mówi dr Aleksander Urbaniak.*

*Badania, które prowadzimy są elementem projektu dotyczącego badania roli sodu w ogniwach CIGS i stanowią uzupełnienie dla szeregu innych metod badawczych. Wyniki uzyskane na synchrotronie pozwolą nam na eksperymentalną weryfikację modeli teoretycznych dotyczących badanej roli sodu – dodaje badacz.*

### Nowe materiały dla energetyki

Innym przykładem obiecujących pomiarów wykonanych na synchrotronie – tym razem w obszarze inżynierii materiałowej – są badania grupy dr Aleksandry Mielewczyk-Gryń z Politechniki Gdańskiej.

Grupa ta badała domieszkowane ziemiami rzadkimi kobyaltu lantanu, które należą do materiałów posiadających właściwości strukturalne i elektryczne bardzo atrakcyjne z punktu widzenia ich potencjalnego zastosowania jako materiał elektrodowy w wysokotemperaturowych ogniwach paliwowych i w elektrolizerach. Praktycznym zastosowaniem tych badań może być dalsze projektowanie nowych, stabilnych i wydajnych materiałów dla energetyki.

*Badania realizowane w SOLARIS na stacji XAS stanowią część naszego szerokiego projektu badawczego, w trakcie którego stosujemy różne techniki pomiarowe, w tym np. takie jak: dyfrakcja rentgenowska (również z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego) i dyfrakcja neutronowa, transmisyjna mikroskopia elektronowa, termogravimetria, czy badania właściwości elektrycznych – wyjaśnia dr Mielewczyk-Gryń. Ponadto w celu uzyskania pełnego obrazu procesów absorpcyjnych wymagane jest poszerzenie badań o pomiary z wykorzystaniem twardego promieniowania rentgenowskiego. Dlatego też złożyliśmy wniosek na linię XAFS w synchrotronie ELETTRA, w trakcie którego planujemy wykonać między innymi pomiary na krawędzi K kobaltu – uzupełnia prof. Agnieszka Witkowska, koordynująca badania realizowane z wykorzystaniem metod spektroskopowych.*

### Spintronika

To oczywiście tylko kilka przykładów interesujących badań. Natomiast pierwszymi pomiarami na synchrotronie, które doczekały się publikacji w „Scientific Reports”

– prestiżowym czasopiśmie wydawanym przez Nature Research, są badania dra inż. Michała Ślęzaka i współpracowników z grupy „Nanostruktury Powierzchniowe” na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Pod koniec roku 2018 naukowcy wykorzystali możliwości pomiarowe oferowane przez stację badawczą XAS w Centrum SOLARIS. Grupa dokonała ciekawego odkrycia dotyczącego właściwości magnetycznych układów dwuwarstwowych typu antyferromagnetyk/ferromagnetyk. Dotychczas uważano, że to warstwa antyferromagnetyczna zawsze dominuje nad sąsiadującym ferromagnetykiem i np. dyktuje mu jaki powinien wybrać kierunek dla swojego namagnesowania. W rzeczy samej, taka sytuacja ma często miejsce i w większości dotychczasowych publikacji taki opis uznawano za powszechną właściwość układów antyferromagnetyk/ferromagnetyk.

Naukowcy z AGH, dzięki symulacjom komputerowym i badaniom na synchrotronie, odkryli odwrotną zależność dla układu typu ferromagnetyk (w tym przypadku żelazo) i antyferromagnetyk (tlenek kobaltu). Dzięki zastosowaniu warstwy ferromagnetyka o bardzo silnych i dobrze zdefiniowanych właściwościach magnetycznych, udało się „zmusić” warstwę antyferromagnetyka by podążała za kierunkiem namagnesowania warstwy ferromagnetyka. Opracowano zatem nowy sposób sterowania magnetyzmem antyferromagnetyków, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia zastosowań w dziedzinie współczesnej spintroniki, czyli elektroniki bazującej już nie na ładunku elektrycznym elektronu, lecz na jego spinie (momencie magnetycznym). W przyszłości można upatrywać praktycznego zastosowania tych badań w przypadku pracy nad nowym sposobem zapisu informacji, łatwiejszą kontrolą i sterowalnością tego zapisu.

W chwili obecnej naukowcy przygotowują się do kontynuacji tych badań, w szczególności chcą sprawdzić czy podobne efekty można zaobserwować w innych układach, w których jako ferromagnetyk występować będą np. kobalt lub nikiel, a rolę antyferromagnetyków będą odgrywały warstwy wytworzone m.in. z tlenku nikielu, żelaza czy chromu.

Wszystkich użytkowników synchrotronu zapraszamy do przygotowania eksperymentów badawczych i składania wniosków poprzez portal Solaris Digital User Office (DUO).