Z pierścieniem po wiedzę

Synchrotron „Solaris", najbardziej nowoczesny przyrząd nauki polskiej, od kilku miesięcy działający w Krakowie, otwiera nowe perspektywy przed naukowcami i studentami Politechniki Krakowskiej

LESŁAW PETERS

Na początku 2016 r., o czym informowaliśmy na naszych łamach, Politechnika Krakowska zawarła porozumienie z Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego „Solaris". Dla naukowców PK utworzenie platformy współpracy PK z NCPS oznacza ułatwienie dostępu do najbardziej zaawansowanego technologicznie przyrządu badawczego polskiej nauki. Warto więc przyjrzeć się bliżej temu niezwykłemu instrumentowi.

Spełnione marzenie fizyków

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego „Solaris" jest międzywydziałową jednostką Uniwersytetu Jagiellońskiego. O zamiarze wybudowania synchrotronu mówiono w murach najstarszego polskiego uniwersytetu od dłuższego czasu. Snucie planów tego rodzaju uzasadniało istnienie w Krakowie silnego środowiska fizyków, prowadzących badania nie tylko na UJ, ale także w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN oraz na obu uczelniach technicznych — w Akademii Górniczo-Hutniczej i na Politechnice Krakowskiej. Środowisko to od dawna legitymuje się znaczącymi osiągnięciami naukowymi, a nazwiska Henryka Niewodniczańskiego czy Mariana Mięsowicza stały się znane szeroko poza granicami kraju. Aby jednak prowadzić badania na poziomie odpowiadającym standardom współczesnej nauki, krakowscy fizycy musieli często szukać odpowiedniego zaplecza aparaturowego w zagranicznych ośrodkach naukowych, takich jak np. Europejskie Centrum Synchrotronowe w Grenoble we Francji czy laboratorium DESY w Hamburgu.

Starania w sprawie zbudowania w Krakowie synchrotronu grupa profesorów z UJ i AGH podjęła jeszcze u schyłku XX w. Na jesieni 1998 r. wystąpili oni do Komitetu Badań Naukowych o budowę urządzenia i powołanie w Krakowie Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego. Wniosek do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

został skierowany w 2006 r. Przełomowym momentem było podpisanie w kwietniu 2010 r. umowy między UJ a MNiSW w sprawie dofinansowania projektu z funduszy unijnych.

Prace przy wznoszeniu budynku planowanego centrum rozpoczęto w styczniu 2012 r., by ukończyć je w maju 2014 r. i w następnym miesiącu przystąpić do instalowania wyposażenia. Już w listopadzie 2014 r. zaczęto kondycjonowanie akceleratora liniowego, a w kwietniu 2015 r. ukończono instalowanie pierścienia, którego kondycjonowanie rozpoczęto w maju 2015 r. Historyczna dla całego przedsięwzięcia była data 19 czerwca 2015 r. Tego dnia po raz pierwszy uzyskano światło przy wyjściu do linii badawczych. Instalowanie pierwszej linii badawczej synchrotronu ukończono we wrześniu 2015 r., po czym 21 września nastąpiło uroczyste otwarcie NCPS „Solaris".

Krakowski synchrotron został wybudowany na terenie Kampusu 600-lecia Odnowienia Uniwersytetu Jagiellońskiego w Pychowicach. Koszt całkowity realizacji projektu sięgnął prawie 200 milionów złotych. Środki przyznano z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013.

Najdoskonalszy mikroskop i skalpel w jednym

Synchrotron — to urządzenie służące do przyspieszania cząstek naładowanych i uzyskiwania generowanego przez te cząstki promieniowania elektromagnetycznego. Pozwala uzyskiwać światło w zakresie podczerwonym, widzialnym, nadfioletowym i rentgenowskim, odznaczające się wyjątkowo wysoką intensywnością, przewyższającą o wiele rzędów wielkości wszelkie inne znane nam źródła światła, naturalne bądź sztuczne. Wiązka światła synchrotronowego odznacza się bardzo małym kątem rozbieżności.

Cząstki w pierścieniu synchrotronu krążą po orbicie zbliżonej do kołowej o stałym promieniu, w cyklicznie zmieniającym się polu magnetycznym. Ponieważ masa przyspieszanych cząstek rośnie wraz ze wzrostem prędkości, siła zakrzywiająca tor cząstek podczas ich rozpędzania w synchrotronie jest odpowiednio powiększana. Pozwala to wielokrotnie zwiększać energię przyspieszanych cząstek, przy zachowaniu orbity ruchu o niezmiennym promieniu.

Idea synchrotronu została sformułowana w połowie lat czterdziestych XX wieku. Do dziś zbudowano na świecie zaledwie około 60 takich instrumentów badawczych, głównie w Stanach Zjednoczonych. Największym na świecie urządzeniem tego typu jest Wielki Zderzacz Cząstek (LHC), eksploatowany w CERN pod Genewą.

Synchrotron „Solaris" jest akceleratorem elektronowym. Właściwości uzyskiwanego w nim promieniowania pozwalają spoglądać w głąb materii i precyzyjnie ją analizować. Fizycy mówią, że to narzędzie łączy w sobie funkcje najbardziej precyzyjnego na świecie mikroskopu i czegoś w rodzaju skalpela. Synchrotron pozwala poznać skład badanej substancji i zobaczyć jej strukturę. Jednocześnie można z jego pomocą stymulować procesy zachodzące w materii.

Eksperymenty wykonywane za pomocą synchrotronów doprowadziły do wielu ważnych odkryć w dziedzinie fizyki, chemii, biologii, medycyny, farmakologii, inżynierii materiałowej, krystalografii i geologii. Wyniki badań prowadzonych za pomocą tego typu instrumentów są wykorzystywane w najbardziej innowacyjnych gałęziach przemysłu. Promieniowanie synchrotronowe znajduje też zastosowanie do odkrywania sekretów dzieł sztuki. Poddanie obrazu Vincenta van Gogha „Pastwisko w kwiatach" oddziaływaniu silnej wiązki promieni X z synchrotronu pozwoliło ujawnić istnienie drugiej warstwy malowidła, przedstawiającej ukryty portret kobiety.

Miliard razy jaśniej od Słońca

Wybudowany w Krakowie synchrotron jest urządzeniem bardzo nowoczesnym. Powstał we współpracy z MAX IV Laboratory w Szwecji. Dzięki udostępnieniu przez szwedzkich specjalistów projektu jednego z dwu pierścieni budowanych w ośrodku w Lund, w krakowskich Pychowicach wykonano replikę tego obiektu. Szwedzi podzielili się wiedzą dotyczącą zarówno budowy synchrotronu, jak i całej infrastruktury. Notabene współpraca przyniosła korzyści obu stronom. Nasi specjaliści zdobywali cenne doświadczenie, uczestnicząc przez wiele miesięcy w tworzeniu w Lund infrastruktury naukowej oraz instalacji elektrycznych i wodnych, zaś

koledzy ze Szwecji skorzystali z naszych doświadczeń przy budowie synchrotronu, gdyż w Krakowie wcześniej przystąpiono do instalowania urządzenia.

Źródłem wiązki elektronów synchrotronu „Solaris" jest działo elektronowe. Początkowo w akceleratorze liniowym wiązka jest przyspieszana do energii około 550 MeV, po czym kieruje się ją do pierścienia akumulacyjnego. Stanowiący serce synchrotronu pierścień składa się z 12 zintegrowanych elektromagnesów, umiejscowionych w równych odległościach na obwodzie 96 metrów. Wytwarzane pole magnetyczne zakrzywia tor ruchu elektronów w taki sposób, by mogły one krążyć po orbicie zamkniętej. Na każdym zakrzywieniu toru lotu elektrony emitują promieniowanie synchrotronowe, czyli fotony o szerokim zakresie energii. Uzyskiwana jasność tego promieniowania jest miliard razy większa od jasności światła, powstającego na powierzchni Słońca.

Właśnie do porównania światła synchrotronowego ze światłem słonecznym nawiązuje nazwa centrum. Po łacinie solaris znaczy bowiem: 'słoneczny'. Pomysł nazwania w ten sposób ośrodka zaczerpnięto z tytułu najgłośniejszej, dwukrotnie przeniesionej na ekran powieści Stanisława Lema. Bohaterowie książki pragną rozwikłać tajemnicę zadziwiającego oceanu, który żyje, myśli i działa. Tym samym starają się przesunąć granice ludzkiego poznania, podobnie jak będą to czynić badacze korzystający z olbrzymich możliwości, jakie stwarza synchrotron „Solaris".

Obszary zastosowań

Promieniowanie uzyskane w synchrotronie jest modyfikowane przez poszczególne elementy linii eksperymentalnych, by ostatecznie trafić do stacji badawczych. Ze względu na swe wyjątkowe właściwości promieniowanie to pozwala prowadzić badania, których nie można wykonywać w tradycyjnych laboratoriach. W centrum „Solaris" na początek przygotowano dwie linie badawcze z trzema stacjami pomiarowymi:

— Linia PEEM/XAS jest zoptymalizowana dla fotonów z zakresu miękkiego promieniowania rentgenowskiego. Jej główną stacją końcową jest elektronowy mikroskop fotoemisyjny. Przykładowe obszary zastosowań linii to: fizykochemia materiałów, nanomagnetyzm, reakcje powierzchniowe, biologia i geologia.

— Linia UARPES dostarcza fotony w zakresie próżniowego ultrafioletu do badań techniką kątowo-rozdzielczej spektroskopii fotoelektronów. Technika badawcza ARPES pozwala mierzyć trzy fundamentalne parametry dla elektronów materii: energię, pęd i spin. Linia może być wykorzystana m.in. w badaniach z zakresu fizyki nadprzewodników, nowych materiałów elektronicznych, materiałów niskowymiarowych, fizyki półprzewodników, a także w badaniach nanostruktur.

W dalszej perspektywie przewiduje się utworzenie kilkunastu następnych linii eksperymentalnych wyposażonych w 20–25 stanowisk badawczych. Linia wysokoenergetyczna MX/BioSAXS/PD, wyposażona w trzy stacje końcowe, pozwoli prowadzić pomiary w czterech modach — dyfrakcji monokryształów, małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego, dyfraktometrii proszkowej i rentgenowskiej spektroskopii absorpcyjnej. Planowane jest też utworzenie linii wysokoenergetycznej do spektroskopii XS. Z kolei linia niskoenergetyczna do mikrospektrometrii IR oprócz wykonywania klasycznych pomiarów spektroskopowych służyć będzie także do mikroobrazowania w podczerwieni. Natomiast linia niskoenergetyczna PHELIX umożliwi realizowanie komplementarnych technik spektroskopowych i mikroskopowych oraz spektromikroskopowych i mikrospetroskopowych.

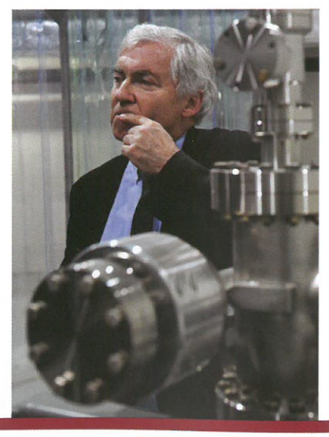
Utworzenie planowanego zestawu linii badawczych pozwoli w pełni wykorzystać potencjał centrum „Solaris".

Magistrant też skorzysta

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego „Solaris" powstało jako jednostka organizacyjna Uniwersytetu Jagiellońskiego, ale w jego utworzenie zaangażowani byli naukowcy z różnych instytucji badawczych. Swój wkład mają również specjaliści z Politechniki Krakowskiej, gdyż uczestniczyli w projektowaniu budynku centrum. Obecnie, ze względu na unikatowy charakter, NCPS „Solaris" przyciąga uwagę naukowców w całym kraju. Zainteresowanie prowadzeniem eksperymentów z wykorzystaniem krakowskiego synchrotronu zgłosiło wiele grup badawczych.

Politechnika Krakowska, jako pierwsza instytucja naukowa w Polsce, zawarła porozumienie z NCPS „Solaris". Zapisano w nim m.in. prowadzenie wspólnych badań naukowych i wymianę doświadczeń, a także wspólne starania o środki finansowe na realizowane w kooperacji projekty naukowo-badawcze. W umowie uwzględniono także możliwość wykonywania w centrum „Solaris" różnego rodzaju badań i pomiarów w ramach przygotowywanych na PK prac dyplomowych i doktorskich.

Dla badaczy związanych z naszą uczelnią oznacza to możliwość podjęcia ambitnych tematów, których realizacja jeszcze nie tak dawno wymagałaby uzyskania dostępu do aparatury w jednym z czołowych zagranicznych laboratoriów.

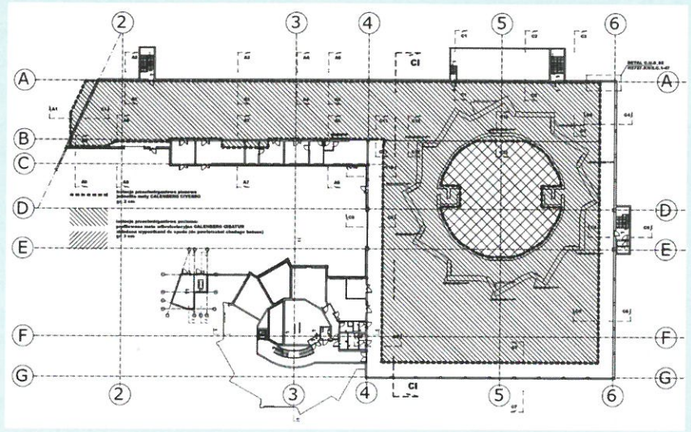


Zdjęcia: Jan Zych

Specjaliści z Politechniki i NCPS „Solaris"

Politechnika Krakowska ma swój drobny, ale bardzo istotny wkład w powstanie Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego „Solaris". Specjaliści z PK wykonali prace pomiarowe i obliczenia do projektu budynku, mieszczącego synchrotron. Plany współpracy badaczy Politechniki z NCPS „Solaris" zaczęto snuć jeszcze przed ukończeniem obiektu.

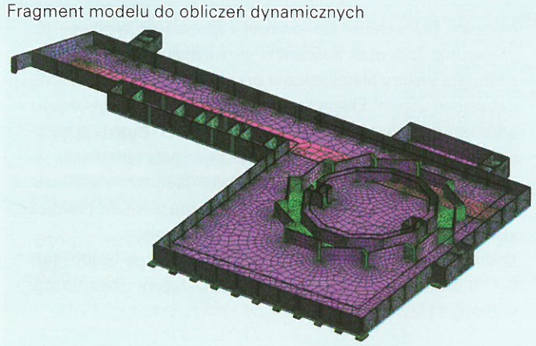
Mówiąc o najbardziej zaawansowanym instrumencie nauki polskiej, warto wspomnieć, że na Politechnice Krakowskiej kilka lat temu zadbano o to, by krakowski synchrotron miał odpowiednie warunki do niezakłóconego działania. Prace pomiarowe i obliczeniowe dla obiektu NCPS „Solaris" wykonane zostały w Instytucie Mechaniki Budowli PK pod kierunkiem prof. Krzysztofa Stypuły. W 2010 r. działające w ramach instytutu akredytowane Laboratorium Badania Odkształceń i Drgań Budowli przeprowadziło pomiary drgań gruntu — w tym również komunikacyjnych — w miejscu przyszłego posadowienia budynku, mającego pomieścić synchrotron. W ten sposób zebrano dane wyjściowe do projektu zabezpieczenia obiektu przed drganiami.



Lokalizacja maty wibroizolacyjnej pod segmentami A i C budynku (rysunek z dokumentacji Biura Projektów BIPROWUMET)

W latach 2011–2012 zespół utworzony przez prof. Krzysztofa Stypułę, prof. Janusza Kaweckiego i dr. Krzysztofa Kozioła wykonał obliczenia wibroizolacji do projektu budynku. Celem było dobranie parametrów wibroizolacji, tak aby prognozowany wpływ drgań na urządzenia synchrotronu nie przekraczał wartości dopuszczalnych, jakie założono w podanych wcześniej kryteriach. Korzystając z materiałów renomowanej firmy niemieckiej Calenberg, zaprojektowano maty poziome, podścielające segmenty A i C budynku oraz maty pionowe, izolujące segmenty między sobą, a także oddzielające dwukondygnacyjną część z synchrotronem od trzykondygnacyjnej części, w której ulokowano m.in. kompresory. Wskazano także podkładki wibroizolacyjne, jakie należało zastosować pod niektórymi urządzeniami. Projekt wibroizolacji został w 2012 r. zaakceptowany przez międzynarodową komisję, która nadzorowała budowę synchrotronu.

Fragment modelu do obliczeń dynamicznych



W 2015 r. z trzyletniego stażu podoktorskiego w CERN w Genewie powrócił dr inż. Daniel Ziemiański z Katedry Dynamiki Układów Materialnych na Wydziale Mechanicznym PK. Nawiązał on wówczas współpracę z dr. inż. Marcinem Nowakiem, specjalistą ds. konstrukcji i technologii NCPS „Solaris". W wyniku prowadzonych rozmów zarysował się obszar współpracy. Projektowanych badań nie można było wykonać oddzielnie, natomiast połączenie wysiłków dawało szansę rozwiązania problemów ze sprzętem pomiarowym, którego brakowało obu naukowcom.

W miarę rozwijania się współpracy powstał pomysł jej sformalizowania. Dyrektor Instytutu Mechaniki Stosowanej prof. Błażej Skoczeń zgodził się objąć współpracę opieką, a jednocześnie powstał pomysł podniesienia rangi umowy do szczebla uczelni. Tak doszło do podpisania 14 stycznia br. porozumienia, otwierającego drogę do współpracy z NCPS „Solaris" pracownikom, a także studentom wszystkich wydziałów PK. Dzięki ogromnemu doświadczeniu prof. Błażeja Skoczenia i innych specjalistów z Wydziału Mechanicznego, wyniesionemu z licznych kontaktów z CERN, współpraca z centrum „Solaris" z dnia na dzień nabiera rozmachu, poszerzając się o nowe aspekty.

Wydział Mechaniczny który kiedyś przecierał ścieżki Politechniki prowadzące do CERN, teraz zainicjował i rozwija współpracę z NCPS „Solaris". Szerokie pole do współpracy widzi też dziekan Wydziału Fizyki, Matematyki i Informatyki dr hab. inż. Marek Stanuszek. Część pracowników wydziału także ma za sobą doświadczenia z pracy w CERN i innych ośrodkach zagranicznych, zajmujących się fizyką cząstek wysokich energii. Inni badacze też są zainteresowani tą problematyką. Dziekan WFMiI wskazuje ponadto studentów informatyki starszych lat jako potencjalnych współpracowników centrum synchrotronowego. Ośrodek będzie bowiem potrzebował coraz więcej osób z odpowiednim przygotowaniem do opracowywania ogromnej masy danych, które powstają w efekcie prowadzonych w NCPS „Solaris" badań.

(ps)