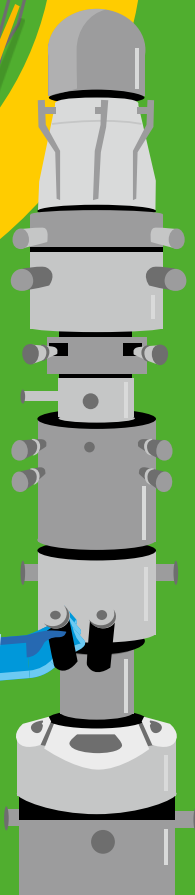




SOLARIS

NARODOWE CENTRUM
PROMIENIOWANIA
SYNCHROTRONOWEGO

**ZAJRZYJ DO
ŚWIATA NAUKI
z Centrum
SOLARIS**



Zajrzyj do świata nauki z Centrum SOLARIS

Publikacja powstała w ramach przedsięwzięcia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Wsparcie funkcjonowania Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS w latach 2026–2027” na podstawie umowy nr MniSW/2026/DWM/928.

Autorzy:

Agnieszka Cudek, Kinga Wróbel, Dagmara Chylewska-Olech,
Wiktor Niedzicki

Serdecznie dziękujemy Panu Wiktorowi Niedzickiemu za cenny wkład w powstanie tej publikacji – pomysły i opracowanie doświadczeń, które zachęcają młodych Czytelników do samodzielnego eksperymentowania i odkrywania praw nauki.

Postać Elektro:

Marcin Czaja

Projekt graficzny i skład:

Pracownia Register

ISBN 978-83-967410-7-3

Kraków 2026



ISBN 978-83-967410-7-3





Witajcie w fascynującym świecie nauki!

To środowisko, w którym doskonale czują się nie tylko wytrawni naukowcy czy fascynaci wiedzy, ale także, a może nawet głównie, wszystkie umysły ciekawe świata. Takie osoby, zwracając uwagę na rzeczy oczywiste, widzą w nich serię pytań, proszących o znalezienie odpowiedzi.

Czy kiedykolwiek słyszeliście o akceleratorach cząstek? A może obito się Wam o uszy czym są synchrotrony lub kriomikroskopy? W naszej książce opowiemy Wam o tym, jak działa synchrotron i co sprawia, że wspólnie z kriomikroskopem jest tak cenny dla świata nauki. Dowiecie się również, jaką rolę te urządzenia odgrywają w rozwoju wiedzy we współczesnej biologii, chemii, fizyce, a także medycynie i technologii. Opowiemy Wam także jak odkrycia dokonane na synchrotronach przekładają się na codzienne życie każdego z nas. W poznawaniu tajników Centrum SOLARIS pomoże Wam nasz laboratoryjny bohater – Elektro.



Co to jest synchrotron?

Synchrotrony to urządzenia, które pomagają naukowcom z całego globu badać otaczający nas świat na najróżniejszych płaszczyznach, w skali atomowej i molekularnej.

Synchrotrony są rodzajem akceleratora kołowego czyli urządzenia, w którym przyspiesza się cząstki. W Centrum SOLARIS przyspieszane są elektrony, które krążą w próżni wokół pierścienia synchrotronu (tzw. pierścienia akumulacyjnego), gdzie zyskują coraz większą energię. Gdy tor ruchu elektronów pędzących z prędkością bliską prędkości światła jest zakrzywiany (dzięki ogromnym magnesom), na zakrętach powstaje promieniowanie elektromagnetyczne. To ono nazywane jest światłem synchrotronowym.



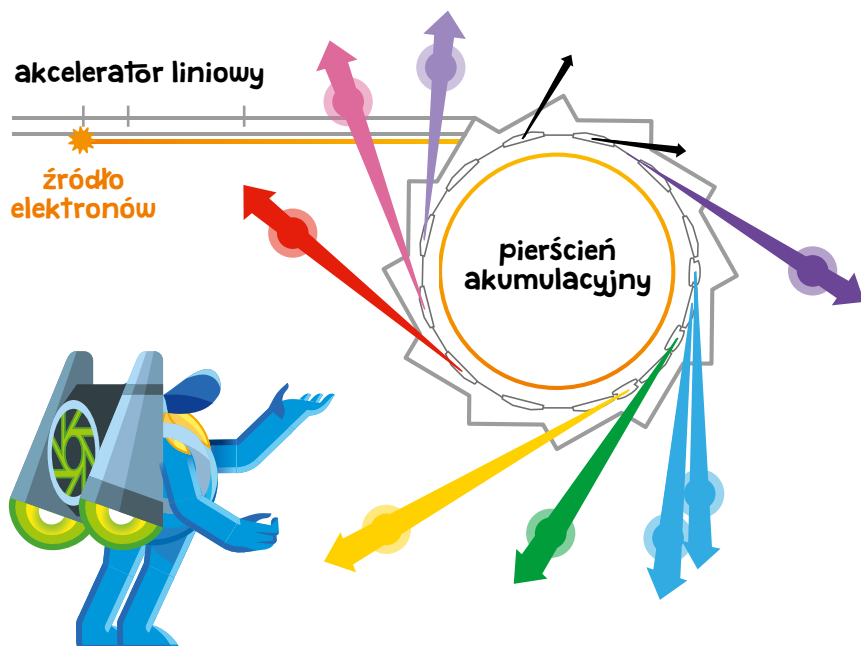
Następnie światło to wyprowadzane na zewnątrz pierścienia akumulacyjnego, trafia do linii badawczych. Tam, na stanowiskach pomiarowych, światło synchrotronowe kierowane jest na próbki i dzięki specjalnym detektorom zbierany jest z nich sygnał. Naukowcy prowadzący badania dokonują jego interpretacji, dostarczając informacji o otaczającym nas świecie i nierzadko odkrywając nowe właściwości i zjawiska w materii.

Czym zatem jest synchrotron SOLARIS? To urządzenie, które produkuje światło wykorzystywane do prowadzenia badań w wielu przyrodniczych, technicznych i humanistycznych dziedzinach nauki. To jedyne takie urządzenie nie tylko w Polsce, ale w Europie Środkowo-Wschodniej. Na naszym kontynencie istnieje zaledwie 13, a na świecie około 30 synchrotronów. Bardzo często działają przy uniwersytetach. Tak też jest w przypadku SOLARIS, Centrum jest częścią Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Główne elementy synchrotronu – podróż elektronów



Nigdzie na świecie nie ma fabryki produkującej części do synchrotronów. Poszczególne elementy są projektowane na zamówienie, dlatego każdy synchrotron ma unikalną konstrukcję. Jest ona wynikiem wielu lat pracy fizyków, mechaników, konstruktorów i elektryków. Synchrotron SOLARIS w tym miejscu jest wyjątkowy, ponieważ ma swojego brata bliźniaka w Lund. Szwedzki synchrotron MAXIV 1.5GeV i SOLARIS powstały w oparciu o wspólny projekt, który został udostępniony polskiemu środowisku naukowemu, przed rozpoczęciem budowy w 2010 roku.



I. Działo elektronowe i akcelerator liniowy

Podróż elektronów po synchrotronie zaczyna się 8 metrów poniżej poziomu gruntu, gdzie zlokalizowane jest działo elektronowe. Służy ono do produkcji naładowanych cząstek, które później rozpędzane są w systemie. W skład działła wchodzi metal (tlenek baru rozgrzany do temperatury 1000°C), z którego wybijane są elektrony trafiające następnie do akceleratora liniowego. Akcelerator, czyli mówiąc prościej „przyspieszacz” jest przeszło 40 m tubą wyposażoną w struktury przyspieszające, magnesy oraz układy diagnostyczne i próżniowe. W jej środku panuje próżnia – bardzo podobna do tej w kosmosie. To ona pozwala swobodnie rozpędzać się elektronom, które dzięki temu nie zderzają się cząsteczkami gazów pozostałych w rurze, tzw. gazów resztkowych. Elektrony w akceleratorze liniowym, popychane przez impulsy fali elektromagnetycznej, przyspieszane są do prędkości ok. 99,99% prędkości światła.

II. Pierścień akumulacyjny czyli akcelerator kołowy

Tak rozpędzone elektrony podróżują w paczkach – podobnych do wagoników na kolei. W każdym z nich jest ponad miliard elektronów. W takiej formie zagiętą do góry rurą (linią transferową) przesyłane są do akceleratora kołowego, znajdującego się już nad powierzchnią ziemi. Pierścień akumulacyjny, to wciąż metalowa rura, w której panuje próżnia, mająca kształt przypominający obwarzanek. W rzeczywistości składa się z 12 części prostych i tylu też zakrzywionych. Tor ruchu elektronów kontrolowany jest przez system ogromnych magnesów.



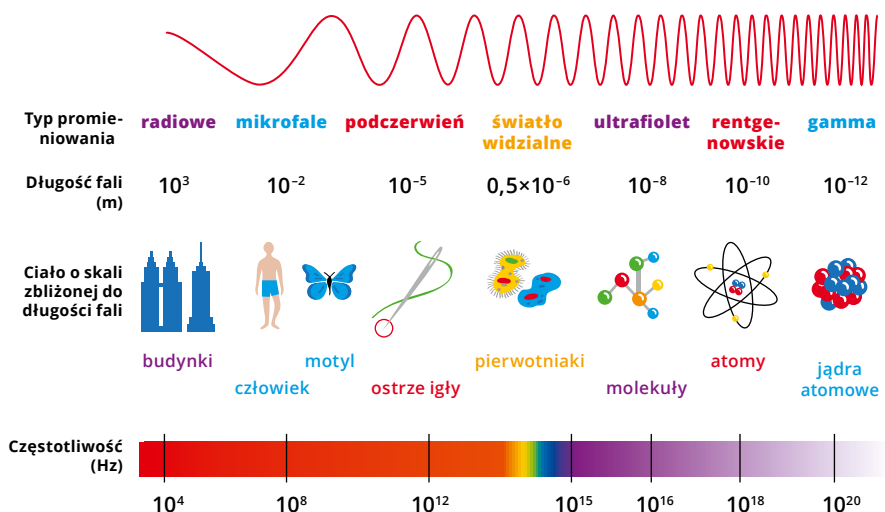
Kluczowy dla naukowców jest efekt uboczny skręcania elektronów w akceleratorze kołowym. To właśnie tam elektrony emitują światło, które wyprowadzane jest na zewnątrz pierścienia, na linie badawcze.

III. Światło synchrotronowe

Czym jednak w ogóle jest światło? To błysk latarki po zmroku, czy może blask Słońca? Światło dla fizyków to forma promieniowania elektromagnetycznego, które jest widoczne dla ludzkiego oka. Składa się z fotonów, czyli cząstek elementarnych, które nie mają masy, ale niosą energię. Światło porusza się po liniach prostych i może być odbijane, załamywane lub pochłaniane przez różne materiały. Jest niezbędne do widzenia i odgrywa kluczową rolę w różnych dziedzinach, takich jak fotografia, fizyka, astronomia i telekomunikacja.



Światło synchrotronowe znacznie różni się od tego, które widzimy na co dzień. Jak już wiemy cząstki przyspieszane w synchrotronie emitują promieniowanie synchrotronowe – światło. Jest ono bardzo intensywne, miliony razy jaśniejsze niż to, które dociera ze Słońca na Ziemię. Ma także szeroki zakres długości fal: od promieniowania rentgenowskiego, poprzez światło widzialne, na podczerwieni kończąc. Jest ono także bardzo wysokiej jakości, dzięki czemu może być używane do badań w wielu dziedzinach nauki i techniki.

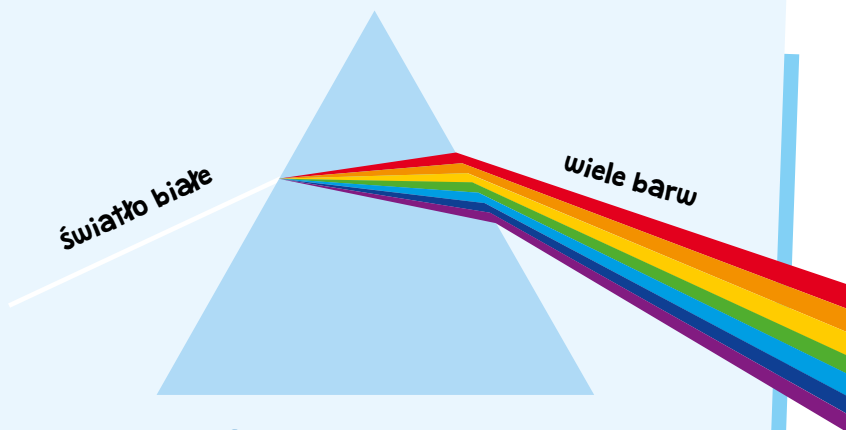


Jedną z najważniejszych cech promieniowania synchrotronowego jest duże skupienie jego wiązki, co umożliwia bardzo precyzyjne badania różnych materiałów. Właśnie dlatego naukowcy z całego świata korzystają z synchrotronów takich, jak SOLARIS. Dzięki udostępnianej im wiązce światła mogą prowadzić eksperymenty, które pozwalają na poznanie właściwości i zjawisk zachodzących w materii na najdrobniejszych poziomach, w skali atomowej i molekularnej.

CIEKAWOSTKA

Czy wiesz, że światło białe (widzialne) składa się z wielu barw?

Rozszczepienie światła widzialnego to zjawisko, w którym światło białe jest rozdzielone na wiele różnych kolorów, gdy przechodzi przez pryzmat lub kryształ. Pierwszy raz zaobserwował to Isaac Newton, co pozwoliło naukowcom zrozumieć, że światło jest złożone z wielu różnych kolorów. Ten sam efekt można zauważyć w tęczy, gdy światło słoneczne świeci na kroplę deszczu, dając wspaniały widok kolorowych pasm na niebie.



IV. Linie badawcze i stacje końcowe

Z perspektywy eksperymentów i naukowców, najważniejszym elementem całego Centrum są linie badawcze. W synchrotronach istnieje wiele różnych rodzajów stacji końcowych, z których każda wykorzystuje określony rodzaj światła do konkretnych zastosowań badawczych. Na przykład, niektóre linie używają zakresu światła zawierającego promieniowanie rentgenowskie, podczas gdy inne korzystają z podczerwieni, ultrafioletu lub światła widzialnego. Naukowcy przyjeżdżają do synchrotronów aby prowadzić eksperymenty, które nie są możliwe przy użyciu innych technik czy narzędzi. Dzięki synchrotronom mogą badać na bardzo wiele sposobów zarówno powierzchnie, jak i wnętrza różnych materiałów. W ten sposób dowiadują się, jak te materiały są zbudowane, jaki mają skład chemiczny oraz właściwości elektryczne czy magnetyczne.



Najczęściej (ale nie wyłącznie) linie badawcze na synchrotronie SOLARIS wykorzystują fale rentgenowskie. To takie promieniowanie, które używane jest przez lekarzy do prześwietleń kości przy złamaniach. Jednak światło synchrotronowe jest dużo bardziej intensywne i skupione. Promieniowanie X ma bardzo krótką długość fali (wysoką energię) co pozwala na przenikanie przez materię i czyni je przydatnym w badaniach wewnętrznej struktury próbek.

Promienie X oddziałują z atomami i elektronami w próbce, powodując m.in. ich rozpraszanie lub pochłanianie w określony sposób. Mierząc wzory rozproszonego lub pochłoniętego promieniowania X, naukowcy mogą określić strukturę, skład i zachowanie próbek.

CIEKAWOSTKA



Czy wiesz jak bardzo unikatowy jest synchrotron SOLARIS?

- *Nazwa Centrum oraz poszczególnych linii badawczych synchrotronu nawiązują do światowej literatury fantastycznej. Solaris to tytuł jednej z najsłynniejszych powieści polskiego pisarza science fiction – Stanisława Lema. Przyjmując tę nazwę władze jednostki oddały hołd wybitnej twórczości tego literata, który od 1997 roku jest honorowym obywatelem Krakowa.*
- *Obwód pierścienia akumulacyjnego, w którym pędzą elektrony to 96 m. Po jednym wstrzyknięciu wiązki przez działą elektro-nowe, cząstki potrafią krążyć nawet do 13 godzin. Synchrotron zużywa dziennie przeszło 19 tysięcy kWh energii elektrycznej. To średnie zużycie 2800 domków jednorodzinnych.*
- *Zużywana energia przekłada się na pracę 9 stacji końcowych i 2 kriomikroskopów, działających 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu. Do synchrotronu podpiętych jest 7 linii badawczych – URANOS, PIRX, DEMETER, PHELIX, ASTRA, CIRI i POLYX. Kolejne są w fazie budowy. Finalnie możliwości SOLARIS obejmują istnienie około 20 linii i czterech kriomikroskopów.*



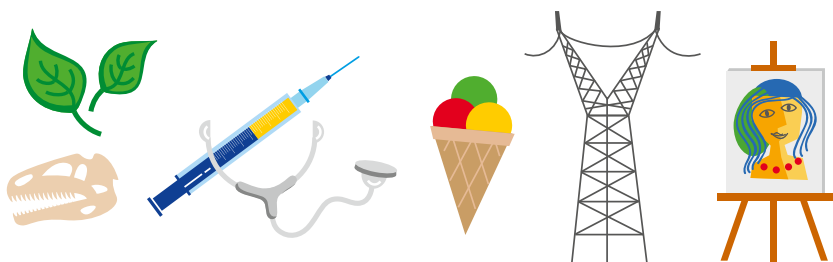


- *Elektrony mogą poruszać się swobodnie wyłącznie w warunkach bardzo wysokiej próżni – porównywalnej do tej w kosmosie. Tak doskonałą próżnię zapewnia w SOLARIS ponad 200 pomp próżniowych zainstalowanych przy wszystkich infrastrukturach, wewnątrz których poruszają się elektrony.*
- *Nad zgraniem całego systemu akceleratorów czuwa skomplikowana aparatura programistyczna i komputerowa, która możliwa jest dzięki 75 km kabli rozłożonych w całym budynku Centrum i 26 km światłowodów. Łącznie to odległość równa dystansowi z Krakowa do Zakopanego.*
- *W trakcie pracy poszczególne układy infrastruktury synchrotronowej emitują duże ilości ciepła. Stabilna temperatura możliwa jest dzięki rozbudowanemu systemowi chłodzenia wodnego. Wykorzystuje się w nim bardzo czystą, demineralizowaną wodę, która jest rozprowadzana do poszczególnych podzespołów rurami o łącznej długości przeszło 14 kilometrów. To tak jakby rozłożyć rury na drodze z SOLARIS do Rynku Głównego i z powrotem.*
- *Synchrotron to niezwykle wrażliwa struktura, w przypadku której drgania i ruch gruntu mogą znacząco utrudniać prowadzenie badań. Lokalny transport drogowy może powodować takie niestabilności, dlatego w okolicy siedziby Centrum SOLARIS zastosowano specjalne rozwiązania. Jednym z nich jest rondo, które zastąpiło próg zwalniający. Pojazdy pokonując ten próg mogłyby wytwarzać drgania mające wpływ na prace badawcze. Również podczas budowy biegnącej w pobliżu linii tramwajowej zastosowano specjalne podkłady, które tłumią drgania wynikające z jazdy po torach.*

Dlaczego potrzebujemy synchrotronów?

Synchrotrony to narzędzia niezwykle ważne dla badaczy pracujących w wielu dziedzinach nauki. Dużą ilość eksperymentów można przeprowadzić jedynie z wykorzystaniem synchrotronów. Żadne inne urządzenia nie są w stanie dostarczyć takiej ilości szczegółowych informacji, w tak krótkim czasie.

Niezwykle intensywna i skupiona wiązka światła synchrotronowego zawiera wszystkie długości fali. Z tego powodu synchrotrony są idealne do eksperymentów na poziomie atomowym i molekularnym. Otrzymana wiedza jest wykorzystywana w m.in. medycynie, produkcji nowych leków i szczepionek, ochronie środowiska, magazynowaniu energii, materiałoznawstwie, nanotechnologii, przemyśle spożywczym, ochronie zabytków i wielu innych. Badacze prowadzący eksperymenty na synchrotronach realizują je bezpłatnie. Wspólnym celem prowadzonych badań jest kształtowanie i rozwój światowej nauki.



Na synchrotronach dokonywane są przełomowe odkrycia, które w czasie rzeczywistym zmieniają otaczający nas świat.

Przykłady odkryć badawczych z użyciem światła synchrotronowego

→ BIAŁKO – PODSTAWOWY BUDULEC KAŻDEGO ORGANIZMU

Dzięki wiązce światła synchrotronowego padającego na kryształy białek, naukowcy mogą określać położenie atomów w cząsteczce białka, a tym samym ustalić jego strukturę 3D. Informacje te wykorzystywane są do projektowania leków i szczepionek. Analizując strukturę 3D konkretnego białka po podaniu leku, wiadome jest czy specyfik działa zgodnie z założeniem badacza. Można powiedzieć, że każdy nowoczesny lek dostępny dzisiaj w aptece był na pewnym etapie prac badany na synchrotronie lub kriomikroskopie.

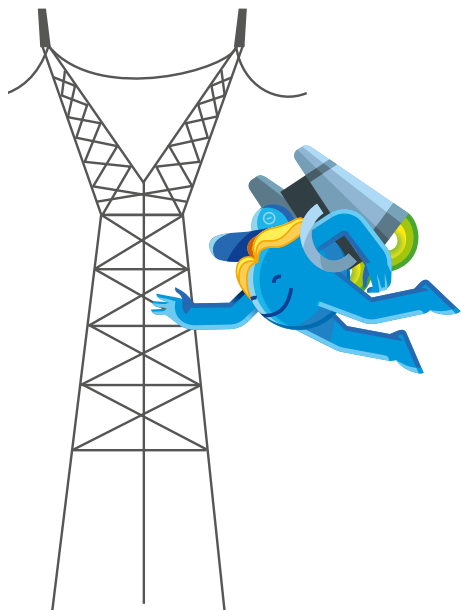


→ WALKA Z RAKIEM

Tak potężne narzędzia badawcze jakimi są synchrotrony służą również do diagnostyki i walki z rakiem. Przeprowadzone eksperymenty pozwalają w skali komórkowej na odróżnienie tkanek zdrowych od chorych, w znacznie krótszym czasie niż dotychczas. Metoda mikrospektroskopii w podczerwieni pomaga patologom w budowaniu modeli histopatologicznych, które służą do wczesnej diagnozy raka. Skracając czas oczekiwania na dobór odpowiedniego leczenia – zmniejszają ryzyko i skutki uboczne choroby.

→ NADPRZEWODNICTWO

Synchrotrony są wykorzystane do badania właściwości materiałów nadprzewodzących, czyli takich, które przewodzą prąd elektryczny z zerowym oporem. Mają one wiele potencjalnych zastosowań, np. w przesyłaniu energii elektrycznej bez strat transferowych. Badając strukturę elektronową materiałów nadprzewodzących za pomocą promieniowania synchrotronowego, naukowcy mogą lepiej zrozumieć, jak działają i jak można je ulepszyć.



→ BIOPALIWA

Produkcja oleju palmowego wykorzystywanego przede wszystkim w wyrobie słodczy, generuje ogromne ilości odpadów. Dzięki badaniom z użyciem światła synchrotronowego naukowcy opracowali nowoczesną technologię

wytwarzania biopaliw z peków owoców i łupin ziaren palmowych. Analiza struktury próbek umożliwiła zaprojektowanie znacznie bardziej efektywnego katalizatora, zdolnego do przekształcania odpadów z oleju palmowego w zrównoważone biopaliwa.

→ ZABYTKI I KONSERWACJA SZTUKI

Promieniowanie synchrotronowe jest często wykorzystywane do badania dzieł sztuki, w celu uzyskania informacji na temat ich historii lub budowy. Emitując promieniowanie synchrotronowe na te obiekty, naukowcy mogą określić obecne w nich



pierwiastki chemiczne oraz ich rozmieszczenie. Wiedza ta umożliwia odkrywanie detali technik artysty i użytych materiałów, a w dalszej konsekwencji służy pomocą w renowacji lub konserwacji. To dzięki promieniowaniu synchrotronowemu możliwe było dojrzenie szkicu portretu autorstwa Vincentego van Gogha, który ten umieścił pod powierzchnią jednego ze swoich dzieł, następnie go zamalowując.



→ SMAK LODÓW

Smak i tekstura lodów w dużym stopniu zależą od wielkości kryształków lodu je tworzących. Im są one mniejsze i bardziej okrągłe, tym są lepsze. Uzyskane na synchrotronie wyniki badań pozwoliły na lepsze zrozumienie mechanizmów powstawania lodu oraz określenie wpływu warunków produkcji tego smakołyku. Doprowadziły także do opracowania nowych receptur, które w ciepłe dni testują miłośnicy lodowych deserów.



→ SKAMIELINY I WYKOPALISKA

Dzięki badaniom prowadzonym na synchrotronach możliwe jest zajrzenie w głąb skamielin bez potrzeby ich niszczenia. Badanie gęstości składników próbki skały daje obraz ukrytych w jej wnętrzu kości i resztek materiałów organicznych. Technika tomografii rentgenowskiej opartej na synchrotronie umożliwiła odkrycia paleontologiczne próbek sprzed 125 milionów lat.



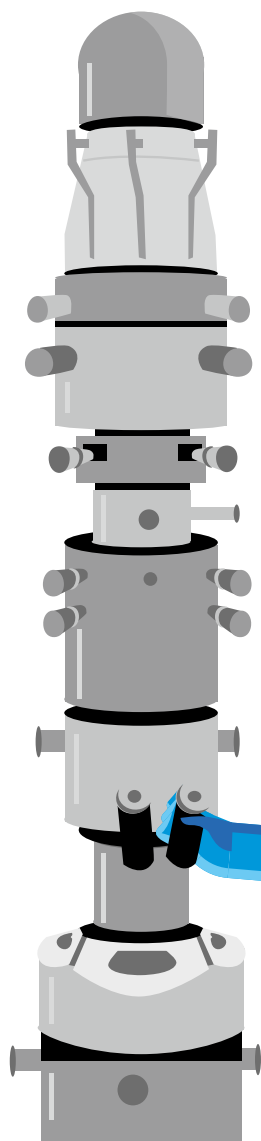
Kriomikroskopia elektronowa SOLARIS (Cryo-EM)

Centrum SOLARIS to nie tylko synchrotron. Pod dachem ośrodka prowadzone są także badania z wykorzystaniem dwóch najnowszej generacji kriomikroskopów. Jak wiemy, mikroskop to urządzenie pomagające naukowcom zobaczyć rzeczy, które są zbyt małe, aby móc je dostrzec gołym okiem. Mikroskop elektronowy to potężne narzędzie, które umożliwia naukowcom obserwację na poziomie atomowym. Mikroskopy elektronowe w SOLARIS nie są podłączone do synchrotronu, ale stanowią unikalną i komplementarną infrastrukturę Centrum.

Kriomikroskopy używane są do badania cząsteczek biologicznych, takich jak białka i wirusy, które nawet w najlepszych mikroskopach świetlnych nie są widzialne. Naukowcy mogą używać tych narzędzi, aby zobaczyć, jak te małe molekuły poruszają się i oddziałują ze sobą. To natomiast pomaga w zrozumieniu jak działają.

Próbki do mikroskopii elektronowej są mrożone ciekłym etanem i zamykane w cienkiej, amorficznej warstwie lodu, co pomaga zachować naturalny stan białek i wirusów. Taki szybki proces zamrożenia umożliwia ich obserwację w stanie, który jest bardzo zbliżony do tego, jak wygląda w naturalnym środowisku.

Wykonując wiele zdjęć pod różnymi kątami, naukowcy tworzą trójwymiarowy model cząsteczki. Pomaga im w tym skomplikowany system komputerowy, który zestawia od kilkuset tysięcy



do nawet milionów zdjęć, konstruując obraz 3D. Kriomikroskopy elektronowe są niezastąpionym narzędziem w walce z wieloma chorobami. Dzięki możliwości dokonania analizy struktury białek błonowych, naukowcy mogą zaprojektować takie leki, które oddziałując wyłącznie na chore tkanki, działają celowo, eliminując skutki uboczne. Technika ta pomogła rozwinąć wiedzę na temat działania kluczowych białek w ludzkim organizmie, np. rybosomów.



Natomiast całkiem niedawno dzięki kriomikroskopom elektronowym zbadano strukturę kolca wirusa wywołującego COVID-19. Był to pierwszy krok do stworzenia szeregu skutecznych szczepionek, które zakończyły pandemię.

Czy wiesz już wszystko?

Solarisowy quiz wiedzy



1 Czym jest synchrotron?

- a** Jest to rodzaj mikroskopu.
- b** Jest to rodzaj akceleratora, w którym przyspieszane są elektrony.
- c** Jest to stowarzyszenie naukowców.

2 Ile metrów wynosi obwód synchrotronu SOLARIS?

- a** 14 kilometrów.
- b** 80 metrów.
- c** 96 metrów.

3 Jaka jest intensywność światła wytwarzanego w synchrotronie?

- a** Taka jak światła docierającego do Ziemi ze Słońca.
- b** Miliony razy większa niż światło docierające ze Słońca na Ziemię.
- c** Światło synchrotronowe nie jest równie jasne, jak to docierające do Ziemi ze Słońca.

4 Jakie nazwy noszą linie badawcze?

- a** PIRX, DEMETER, PHELIX, URANOS, ASTRA, CIRI i POLYX.
- b** Linia 1, linia 2, linia 3, linia 4.
- c** Lem, Herbert, Anderson, Clarke.

5 Czym chłodzone są próbki badane na kriomikroskopach?

- a** Ciekłym etanem.
- b** Wodą.
- c** Nie są zamrażane.

6 Ile synchrotronów znajduje się w Europie Środkowo-Wschodniej?

- a** 13
- b** 1
- c** 4



Eksperymenty



Czy zastanawiałeś się kiedyś, dlaczego niektóre przedmioty spadają, świecą albo poruszają się w określony sposób? Czasem wystarczy odrobina ciekawości, kilka prostych przedmiotów i chęć odkrywania, aby poznać fascynujące zjawiska rządzące otaczającym nas światem. W tej części książeczki znajdziesz eksperymenty, dzięki którym przekonasz się, czym jest próżnia, odkryjesz tajemnicę bezwładności, stworzysz własną tęczę w pokoju czy sprawdzisz, jak działają świetlówki.

Każdy z tych eksperymentów pozwoli Ci wcielić się w rolę naukowca: obserwować, zadawać pytania i samodzielnie szukać odpowiedzi. Przygotuj więc potrzebne materiały, uruchom wyobraźnię i rozpocznij swoją naukową przygodę!

EKSPERYMENT 1

PRÓŻNIA (tak naprawdę podciśnienie)

Czy powietrze potrafi miażdżyć? Co niszczy butelkę?

Będziesz potrzebować:

- plastikowej butelki po wodzie lub napoju,
- niewielkiej ilości wrzącej wody,
- zakrętki,
- miski lub dużego naczynia z chłodną wodą.

Uwaga!

Poproś osobę dorosłą o pomoc przy używaniu wrzątku. Butelkę należy trzymać za nakrętkę, aby uniknąć poparzenia.

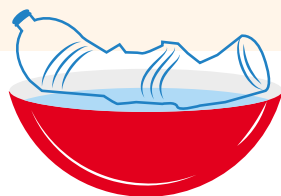
Krok po kroku:

Krok 1. Wlej do butelki odrobinę wrzącej wody. Zakręć ją i delikatnie potrząśnij, aby gorąca para ogrzała całe wnętrze butelki.

Krok 2. Odkręć butelkę i wylej wodę. Szybko zakręć ją ponownie.

Krok 3. Włóż butelkę do miski z chłodną wodą lub polej ją zimną wodą z zewnątrz.

Krok 4. Obserwuj, co się dzieje. Po chwili butelka zacznie się zginać i kurczyć.



Co się stało?

Gorąca woda zamieniła się w parę wodną, która wypełniła wnętrze butelki. Kiedy butelka została schłodzona, para skropiła się z powrotem do postaci wody i zajęła znacznie mniej miejsca. W środku powstało podciśnienie, czyli ciśnienie niższe niż na zewnątrz. Powietrze atmosferyczne naciskające z zewnątrz było na tyle silne, że zgmiotło butelkę.

Jak to wygląda w synchrotronie SOLARIS?

W synchrotronie SOLARIS elektrony poruszają się w specjalnych rurach próżniowych. Powietrza jest tam tak mało, że elektrony mogą przemieszczać się niemal bez przeszkód. Próżnia w urządzeniu jest nawet lepsza niż ta występująca w przestrzeni kosmicznej!

W naszym eksperymencie udało się wytworzyć jedynie niewielkie podciśnienie, a mimo to butelka została zgnieciona. Dlatego elementy instalacji próżniowych w SOLARIS muszą być wykonane z bardzo wytrzymałych materiałów, takich jak specjalne stopy stali, aby bezpiecznie wytrzymać nacisk atmosfery.

BEZWŁADNOŚĆ

Dlaczego woda nie wypada z kubka?

Będziesz potrzebować:

- plastikowej butelki po wodzie mineralnej,
- mocnego sznurka,
- nożyka lub ostrza,
- wody.



Krok po kroku:

Krok 1. Odetnij górną część plastikowej butelki, aby powstało niewielkie naczynie przypominające kubek.

Krok 2. Wykonaj po przeciwnych stronach dwa małe otwory i przewlec przez nie sznurek. Zawiąż mocny supeł.

Krok 3. Napełnij powstały kubek wodą do około $\frac{2}{3}$ objętości.

Krok 4. Najpierw wpraw kubek w delikatny ruch wahadłowy.

Krok 5. Następnie zacznij obracać je po okręgu coraz szybciej. Uważaj, aby zachować bezpieczną odległość od innych osób.

Krok 6. Zwróć uwagę na to, że kiedy kubek znajduje się nad Twoją głową, woda wciąż pozostaje w środku!

Uwaga!
*Eksperyment
najlepiej wykonywać
na świeżym
powietrzu.*



Co się stało?

Choć może to wyglądać jak magia, działa tu fizyka. Podczas szybkiego ruchu po okręgu woda ma tendencję do zachowywania swojego ruchu. Jeśli obracasz kubek wystarczająco szybko, nie zdąży ona wypaść, nawet gdy przez chwilę znajduje się nad Twoją głową. Na wodę działa siła bezwładności skierowana w przeciwnym kierunku. Przy szybkim ruchu jest ona większa niż siła przyciągania ziemskiego.

Zjawisko to jest związane z bezwładnością, czyli właściwością ciał do zachowywania swojego ruchu.

Jak to wygląda w synchrotronie SOLARIS?

W synchrotronie SOLARIS elektrony poruszają się niemal po okręgu z prędkością bliską prędkości światła. Nie utrzymuje ich jednak sznurek, lecz niezwykle silne magnesy, które nieustannie zmieniają kierunek ich ruchu. Dzięki temu elektrony krążą wokół pierścienia akumulacyjnego i wytwarzają intensywne promieniowanie synchrotronowe wykorzystywane przez naukowców do badania materii. Tak jak sznurek prowadzi kubek po okręgu, tak magnesy prowadzą elektrony w synchrotronie.

ZAŁAMANIE ŚWIATŁA (refrakcja)

Dlaczego strzałki zmieniają kierunek?

Będziesz potrzebować:

- kartki papieru,
- flamastra,
- szklanki lub przezroczystej butelki,
- wody.

Krok po kroku:

Krok 1. Narysuj na kartce dwie wyraźne strzałki skierowane w tę samą stronę.

Krok 2. Ustaw kartkę za pustą szklanką lub przezroczystą butelką.

Krok 3. Powoli nalej do naczynia wodę i obserwuj strzałki przez jego ścianki.

Krok 4. Przyglądaj się uważnie. Najpierw jedna, a potem druga strzałka zacznie wskazywać przeciwny kierunek!

Co zauważysz?

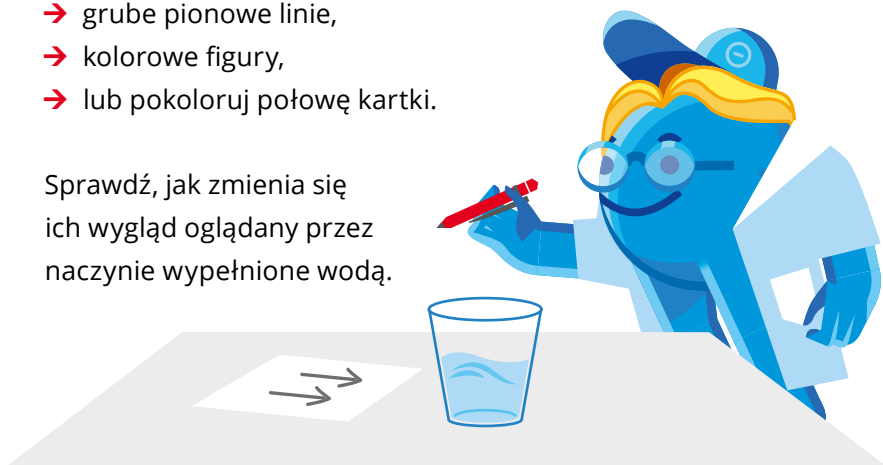
Strzałki wyglądają tak, jakby nagle się odwróciły. Choć rysunek na kartce się nie zmienia, przez wodę, która w naczyniu tworzy kształt walca widzimy go inaczej.

Spróbuj też!

Zamiast strzałek narysuj:

- grube pionowe linie,
- kolorowe figury,
- lub pokoloruj połowę kartki.

Sprawdź, jak zmienia się ich wygląd oglądany przez naczynie wypełnione wodą.



Dlaczego tak się dzieje?

Światło porusza się z różną prędkością w powietrzu i w wodzie. Kiedy przechodzi z jednego ośrodka do drugiego, nieznacznie zmienia kierunek. To zjawisko nazywamy załamaniem światła. Szklanka lub butelka wypełniona wodą działa podobnie jak soczewka, która może zmieniać wygląd obserwowanych przedmiotów. W efekcie obraz strzałki zostaje odwrócony i wydaje się, że wskazuje ona przeciwną stronę.

Jak to wygląda w synchrotronie SOLARIS?

W synchrotronie SOLARIS naukowcy często obserwują swoje eksperymenty przez specjalne układy optyczne wyposażone w soczewki. Takie elementy pomagają zobaczyć bardzo małe obiekty, ale mogą również zmieniać lub zniekształcać obraz. Dlatego badacze muszą dobrze rozumieć zjawisko załamania światła, aby prawidłowo interpretować to, co widzą i precyzyjnie ustawiać próbki podczas eksperymentów.

ROZSZCZEPIENIE ŚWIATŁA

Tęcza w pokoju

Będziesz potrzebować:

- dużej kartki papieru lub białej ściany,
- płyty CD lub DVD,
- latarki lub innego silnego źródła światła,
- ciemnego pomieszczenia.



Krok po kroku:

Krok 1. Zaciemnij pokój i przygotuj białą ścianę lub kartkę papieru, która posłuży jako ekran.

Krok 2. Skieruj światło latarki na powierzchnię płyty CD lub DVD.

Krok 3. Delikatnie zmieniaj kąt ustawienia płyty i obserwuj ekran.

Dla lepszego efektu można zawęzić strumień latarki, np. nieprzezroczystą taśmą lub czarnym papierem.

Krok 4. Zwróć uwagę na kolorowe wzory pojawiające się na ścianie. Możesz także powtórzyć doświadczenie, używając lampki z żarówką LED i porównać efekty.

Co zauważysz?

Na ścianie pojawią się kolorowe smugi przypominające małą tęczę. Białe światło rozdzieli się na wiele barw:

- czerwony,
- pomarańczowy,
- żółty,
- zielony,
- niebieski,
- granatowy
- fioletowy.



Dlaczego tak się dzieje?

Białe światło składa się z wielu kolorów. Na powierzchni płyty CD/DVD znajdują się bardzo gęsto rozmieszczone rowki, które rozdzielają światło na poszczególne barwy. Zjawisko to nazywamy rozszczepieniem światła.

Jak to wygląda w synchrotronie SOLARIS?

W synchrotronie SOLARIS elektrony poruszają się z prędkością niemal równą prędkości światła. Gdy tor ich ruchu jest zakrzywiany przez magnesy, emitują promieniowanie synchrotronowe. Jego część widzialna składa się z wielu kolorów, podobnie jak światło tworzące tęczę. Za pomocą elementów optycznych naukowcy mogą rozdzielać to światło na różne długości fal i wybierać dokładnie taki rodzaj promieniowania, który jest potrzebny do badań.

SILA ELEKTROSTATYCZNA

Tańczący długopis

Będziesz potrzebować:

- plastikowego długopisu (lekkiego, najlepiej bez wkładu) – 2 szt.
- plastikowej butelki z nakrętką,
- wełnianego szalika, swetra lub kawałka futerka.

Krok po kroku:

Krok 1. Połóż plastikowy długopis poziomo na nakrętce butelki tak, aby mógł się swobodnie obracać.

Krok 2. Energicznie pocieraj długopis o wełniany materiał przez około 15–20 sekund.

Krok 3. Następnie ponownie potrzyj długopis i powoli zbliż go do długopisu leżącego na butelce. Nie dotykaj go.

Krok 4. Obserwuj, co się stanie.

Co zauważysz?

Długopis zacznie się obracać lub przesuwąć, mimo że go nie dotykasz. Wygląda to tak, jakby poruszała nim niewidzialna siła!



Dlaczego tak się dzieje?

Podczas pocierania na powierzchni plastiku gromadzą się ładunki elektryczne. Gdy zbliżysz naelektryzowany przedmiot do drugiego, zaczynają między nimi działać siły elektrostatyczne. To właśnie one powodują ruch długopisu, nawet bez bezpośredniego kontaktu.

Jak to wygląda w synchrotronie SOLARIS?

W synchrotronie SOLARIS naukowcy wykorzystują właściwości cząstek posiadających ładunek elektryczny, czyli elektronów. Za pomocą specjalnych urządzeń wytwarzających pola elektryczne i magnetyczne elektrony są przyspieszane do prędkości bliskiej prędkości światła oraz kierowane po ściśle określonym torze. Dzięki temu mogą one emitować niezwykle jasne promieniowanie synchrotronowe wykorzystywane do badań materiałów, leków, zabytków i organizmów żywych.

Choć w naszym doświadczeniu poruszają się plastikowe długopisy, a w synchrotronie elektrony, w obu przypadkach kluczową rolę odgrywają oddziaływania elektryczne, które mogą wprawiać obiekty w ruch, nawet bez ich bezpośredniego dotknięcia!



@synchrotron.solaris.badania



@Synchrotron SOLARIS



@synchrotronsolaris



@SynchrotronSolaris



@SOLARIS_science



SOLARIS

NARODOWE CENTRUM
PROMIENIOWANIA
SYNCHROTRONOWEGO



**UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE**

**Narodowe Centrum
Promieniowania
Synchrotronowego SOLARIS**

Uniwersytet Jagielloński

ul. Czerwone Maki 98

30-392 Kraków

tel. +48 12 664 40 00

e-mail: synchrotron@uj.edu.pl

www.synchrotron.pl

ISBN 978-83-967410-7-3



9 788396 741073