

KAMIL F. DZIUBEK*, MARIUSZ JASKÓLSKI**, ANDRZEJ B. WIĘCKOWSKI***

O mitach w nauce na kanwie „oryginalnej aparatury Lauego”¹

1. Wstęp

Nieopodal historycznego centrum Monachium, na wyspie położonej na rzece Izarze, znajduje się założone w 1903 roku Muzeum Niemieckie (Deutsches Museum). To jedno z najstarszych i największych na świecie muzeów technicznych i naukowych przyciąga rocznie niemal 1,5 mln zwiedzających. Wśród wielu zabytków techniki, takich jak maszyna rachunkowa Gottfrieda Leibniza, prototyp silnika wysokoprężnego konstrukcji Rudolfa Diesla czy pierwszy samochód napędzany silnikiem spalinowym projektu Karla Benza, eksponowany jest również obiekt opisany jako „aparatura Lauego” (Laue-Apparatur), datowany na rok 1912 (ryc. 1). Nie wzbudza on wielkiego zainteresowania publiczności, może dlatego, że doniosłość jego znaczenia w pełnym wymiarze znana jest głównie zwiedzającym z wykształceniem w dziedzinie nauk ścisłych. Czy dzisiaj, ponad 110 lat po pierwszym eksperymencie wykonanym za pomocą tego urządzenia, może stać się ono kanwą do opowieści o burzliwych dziejach przedmiotów, w których życiu – jak mawiał wybitny artysta i kolekcjoner Franciszek Starowieyski – człowiek jest jedynie epizodem?

2. Przypomnienie odkrycia Lauego

W styczniu 1912 roku Max Laue był Privatdozentem w Instytucie Fizyki Teoretycznej prof. Arnolda Sommerfelda na Uniwersytecie w Monachium. Doktorantem prof. Sommerfelda był w tym czasie Paul Peter Ewald, który pisał rozprawę rozpatrują-

*Dr Kamil F. Dziubek (dziubek@lens.unifi.it) Europejskie Laboratorium Spektroskopii Nieliniowej LENS, Sesto Fiorentino (Florencja), Włochy;

**Prof. dr hab. Mariusz Jaskólski (mariuszj@amu.edu.pl), Instytut Chemii Bioorganicznej PAN i Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu;

***Prof. dr hab. Andrzej B. Więckowski (andrzej.wieckowski@vp.pl), Wydział Fizyki i Astronomii, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra i Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań

¹ Inspiracją do niniejszego tekstu był opublikowany w magazynie Muzeum Niemieckiego w Monachium „Kultur & Technik” artykuł Michaela Eckerta „Mythos »Original«”. Autorzy dziękują panu dr. Eckertowi za owocne dyskusje i nieocenioną pomoc w dostępie do archiwum Muzeum Niemieckiego.

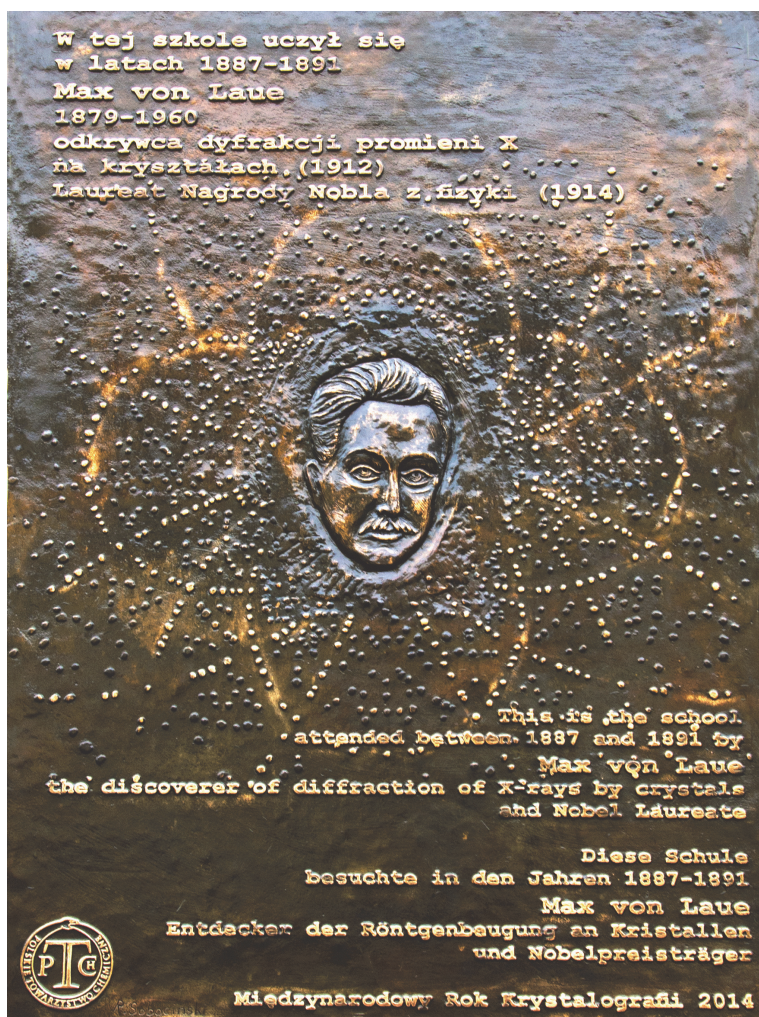
ca krysztal jako sieć powiązanych rezonatorów. Jako teoretyk nie bardzo wiedział, jak zweryfikować swoje obliczenia. Poszedł więc na rozmowę do... innego teoretyka, Maxa Lauego.



Ryc. 1. „Aparatura Lauego” użyta w pierwszych doświadczeniach Waltera Friedricha i Paula Knippinga demonstrujących dyfrakcję promieni X na kryształach, będąca zasadniczo rekonstrukcją z wykorzystaniem oryginalnych elementów. Muzeum Niemieckie, Monachium (fot. M. Eckert)

Podczas tej rozmowy Laue kilkakrotnie pytał „a jakie są odległości między pańskimi rezonatorami w kryształach?”. Tego oczywiście nikt nie wiedział – nie znano budowy geometrycznej molekuł chemicznych ani budowy atomowej kryształów, złożonych właśnie

z atomów i molekuł. To nurtujące Lauego pytanie wiązało się z pomysłem wykorzystania kryształu Ewalda jako trójwymiarowej siatki dyfrakcyjnej, na której można by ugiąć promieniowanie o odpowiedniej (współmiernej) długości fali. Choć jako fizyk teoretyk Laue nigdy nie splamił swoich rąk eksperymentem fizycznym, to doskonale kojarzył fakty. Z „siatką dyfrakcyjną” Ewalda skojarzył mianowicie tajemnicze promieniowanie X, odkryte na Uniwersytecie w Würzburgu przez Wilhelma Conrada Röntgena w 1895 roku. W kwietniu 1900 roku Röntgen przeniósł się na Uniwersytet w Monachium, a jego odkrycie dało mu w 1901 roku pierwszą Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.



Ryc. 2. Tablica dłuta Roberta Sobocińskiego upamiętniająca pobyt Maxa Lauego w Poznaniu, ufundowana na budynku szkoły, do której uczęszczał (dziś III Liceum Ogólnokształcące im. św. Jana Kantego w Poznaniu), odsłonięta w Międzynarodowym Roku Krystalografii 2014

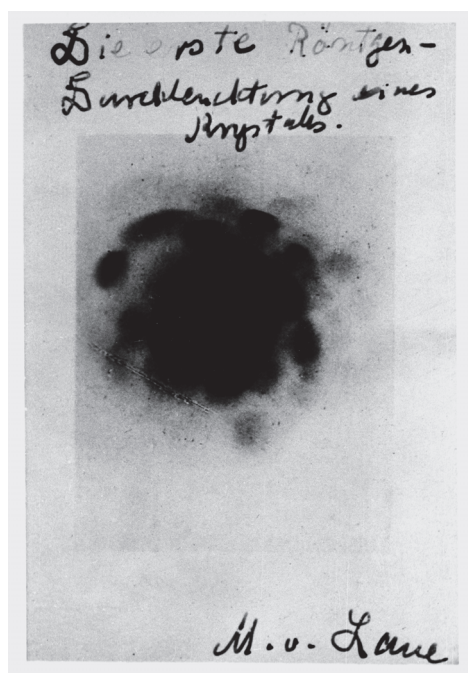
W roku 1912 promieniowanie X było już powszechnie znane, chociaż nadal nie wiadomo, czy ma ono naturę falową czy korpuskularną. Eksperyment z kryształem w roli siatki dyfrakcyjnej powinien i to rozstrzygnąć jednoznacznie, gdyż dyfrakcji ulegają fale. Został on przeprowadzony według wskazówek Lauego w kwietniu 1912 roku przez asystenta w Instytucie prof. Sommerfelda – Waltera Friedricha oraz doktoranta prof. Röntgena – Paula Knippinga.

Biografię Lauego oraz jego powiązania z Poznaniem (ryc. 2) przedstawił w artykule w kwartalniku „Nauka” Andrzej B. Więckowski [1].

3. Historia perypetii wokół odkrycia Lauego

3.1. Zdjęcie autentyczne (?), ale nazwisko autora – nie

Wielu Czytelnikom zapewne znane jest ikoniczne zdjęcie przedstawiające zarejestrowany na kliszy przez Friedricha i Knippinga obraz dyfrakcji rentgenowskiej na kryształach (ryc. 3), uznany w wielu opracowaniach za pierwszy dyfraktogram w historii.



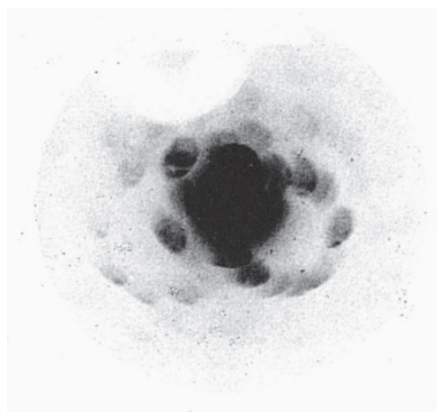
Ryc. 3. „Pierwsze prześwietlenie rentgenowskie kryształu”, jedno z pierwszych rentgenowskich zdjęć dyfrakcyjnych, obecnie w zbiorach Niemieckiego Muzeum Röntgena w Remscheid

Obiektem badań był piękny niebieski monokryształ pięciowodnego siarczanu miedzi, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Choć wedle dzisiejszych standardów obraz dyfrakcyjny jest dość kiepski, na zdjęciu tym widnieje odręczny napis „Die erste Röntgen-Durchleuchtung eines Kristalls” („Pierwsze prześwietlenie rentgenowskie kryształu”) oraz podpis „M. v. Laue”,

świadczący o tym, że uczony rozumiał wagę tego odkrycia. Niby wszystko się zgadza, ale nie do końca. Max Laue uzyskał bowiem dziedziczne szlachectwo i prawo do używania predykatu „von” przed nazwiskiem po nobilitacji jego ojca (który był urzędnikiem komendantury wojskowej) w roku 1913. Tak więc pisząc „v.”, Laue niechcący dał nam znać, że o wadze swojego odkrycia z 1912 roku zorientował się... z rocznym opóźnieniem. Odbitka ze wspomnianą odręczną adnotacją Lauego znajduje się obecnie w Niemieckim Muzeum Röntgena (Deutsches Röntgen-Museum) w Remscheid, kilkaset metrów od miejsca narodzin odkrywcy promieni X.

Z tym „pierwszym zdjęciem rentgenowskim kryształu” wiążą się jeszcze inne wątpliwości. Krótko po wykonaniu pierwszych eksperymentów Friedrich, Knipping i Laue skorzystali z okazji i za pośrednictwem Sommerfelda zdeponowali w dniu 4 maja 1912 r. na posiedzeniu Sekcji Matematyczno-Fizycznej Królewskiej Bawarskiej Akademii Nauk bardzo istotny dokument. W protokole posiedzenia odnotowano lakonicznie w jednym z punktów: „Ferner übergibt Herr Sommerfeld ein versiegeltes Kouvert mit 2 Films zur Wahrung der Priorität einer wissenschaftlichen Entdeckung” – „ponadto pan Sommerfeld przekazuje zapieczętowaną kopertę z dwoma filmami dla zabezpieczenia pierwszeństwa odkrycia naukowego”. Nawiasem mówiąc, podobne metody ochrony odkryć naukowych są stosowane także obecnie; np. w 1991 r. powstało otwarte repozytorium arXiv.org, w którym umieszczane są preprinty artykułów przed recenzją w celu m.in. udowodnienia chronologii pomysłów, jeżeli zaistniałby spór o palmę pierwszeństwa. Zawarty we wspomnianej kopercie dokument von Laue przekazał w 1951 roku do zbioru rękopisów Biblioteki Muzeum Niemieckiego w Monachium (dołączając notatkę, w której szczerze przyznaje, że nie wie, jak dokument ten trafił ponownie w jego ręce, p. Aneks), gdzie jest on przechowywany do dziś (nr inw. HS 1951-05). Niestety, w międzyczasie załączniki w postaci zdjęć dyfrakcyjnych zaginęły, co również odnotowuje Laue w swojej notatce. Pozostało jedynie spisane odręcznie na papierze firmowym Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Monachijskiego oświadczenie, podpisane przez Friedricha, Knippinga i Lauego. Tekst ten informuje, że sygnatariusze od 21 kwietnia 1912 roku przeprowadzali doświadczenia związane z interferencją promieni X przy przejściu przez kryształy. Dodano także, że zdjęcia nr 53 i 54 zostały złożone jako dowód: „Als Beweis wird Aufnahme N° 53 u 54 niedergelegt”, przy czym podano dla nich szczegóły eksperymentu, takie jak rodzaj próbki, czas naświetlania, odległość kryształu od płyty fotograficznej, itp. (Aneks). Czy reprodukcje tych zdjęć jeszcze istnieją? W swoim artykule z 1969 roku Paul Forman [2] suponuje, że były to ilustracje 3 i 4 z pierwszej publikacji Friedricha, Knippinga i Lauego, ogłoszonej jeszcze w 1912 roku [3], a zatem zdjęcia już dopracowane i dużo bardziej czytelne niż „Die erste...”, prezentujące dyfrakcję wysokosymetrycznych kryształów, prawidłowo zorientowanych względem wiązki promieniowania X z lampy rentgenowskiej. Skoro jednak – jak można

wnioskować z numerów tych dyfraktogramów rentgenowskich – wcześniejszych eksperymentów było ponad pięćdziesiąt, to które zdjęcie było tym pierwszym? Wspomniany już pionierski artykuł zawiera także ilustrację opatrzoną numerem 1, która przedstawia dyfraktogram podobnie słabej jakości jak opisany przez von Lauego „Die erste...”, niemniej nie identyczny (ryc. 4). Ten sam obraz pojawia się w klasycznej pracy Ewalda „Fifty Years of X-Ray Diffraction”, wydanej w 1962 roku dla uczczenia pięćdziesiątej rocznicy odkrycia [4], gdzie opatrzony jest podpisem „Friedrich & Knipping's first successful diffraction photograph”. Pikanterii sprawie dodaje fakt, że poza kopią „Die erste...” przechowywaną w Remscheid istnieje inna odbitka tego samego zdjęcia (Muzeum Niemieckie w Monachium, nr inw. 65918 T1) z obcięтым nieczytelnym opisem, którego szczątkowe litery różnią się jednak wyraźnie od inskrypcji von Lauego. Czyżby zatem istniała większa liczba kopii różniących się adnotacjami?



Ryc. 4. Jedno z pierwszych zdjęć rejestrujących dyfrakcję promieni X na kryształach, przedruk za pracą Friedricha, Knippinga i Lauego z roku 1912 [3]

W 1963 r. Gustav Hertz, Théo Kahan i John L. Heilbron nagrali w Berlinie Wschodnim wywiad z Walterem Friedrichem. W tym czasie nie żyli już Knipping i von Laue (obaj zginęli w wypadkach drogowych). Transkrypcja wywiadu została bez żadnych poprawek spisana z oryginalnego nagrania i zdeponowana w Amerykańskim Instytucie Fizyki [5]. Friedrich tak wspomina moment, gdy jego oczom ukazało się pierwsze świadectwo dyfrakcji promieni X na kryształach: „wieczorem, około godziny 11 zdjąłem płytę [fotograficzną], włożyłem do wywoływacza i nagle zobaczyłem czarną plamę, czarny punkt nierozproszonych promieni rentgenowskich (...) a obok niego, co było dość zabawne, był cień kufla (...), monachijskiego kufla na piwo (Maßkrug). Jak do tego doszło? Promieniowanie rozproszone było w cieniu uchwytu, w którym zamontowany był kryształ. Ten cień padał na płytę jak korpus [kufla], krótki i szeroki, a przylegający pierścień tworzył ucho”. Czy któreś z omawianych zdjęć mogło przy odrobinie fantazji przypominać kufel piwny? W przedruku wywiadu zamieszczonym w 2020 r. w IUCr Newsletter [6] pokazano zdjęcie „Die erste...” wraz z opisem, choć oryginalny transkrypt nie

był ilustrowany. Wydaje się, że pytanie, które zdjęcie było historycznie pierwsze, pozostanie dzisiaj bez odpowiedzi.

3.2. Ersatz zamiast autentyku w Deutsches Museum

Jak się okazuje, nie tylko „pierwsze zdjęcie rentgenowskie” budzi wątpliwości. Wystawiony w monachijskim muzeum obiekt nazwany „aparaturą Lauego” robi wrażenie zabytku techniki, prawie tak jakby Friedrich i Knipping dopiero co wyszli ze swojego laboratorium. W rzeczywistości jednak okazuje się, że jest to eksponat poskładany z pozostałości oryginalnej aparatury oraz z części zamiennych, pozyskanych z różnych źródeł. Odkrycie Lauego przypadło na czas tuż przed I wojną światową, a podczas wojennej zawieruchy sprawy zabezpieczenia sprzętu musiały zejść na dalszy plan. Muzeum Niemieckie poprosiło Waltera Friedricha o stosowany przez niego układ eksperymentalny dopiero w roku 1920. W tym czasie Friedrich pracował na Uniwersytecie Fryburskim, dokąd przeniósł się po zakończeniu asystentury w Monachium. Rekonstrukcja stanu z 1912 roku nie była już, ma się rozumieć, możliwa. Oryginalny goniometr był w owym czasie wciąż używany w laboratorium Sommerfelda, a pracujący w nim naukowcy nie chcieli się pozbywać sprawnej aparatury. Ostatecznie znaleziono zamiennik goniometru, a w 1921 Sommerfeld pokwitował odbiór przez Muzeum stołu, ołowianej płyty i stojaka. Lampa rentgenowska stosowana w 1912 roku pękła i została w związku z tym zastąpiona podobną.

3.3. Kradzież w Muzeum

Na domiar wszystkiego, w 1987 roku niektóre części znajdującej się na ekspozycji w Muzeum Niemieckim aparatury zostały skradzione, chociaż dziś już trudno ustalić, jakie elementy zginęły. Sucha notatka ówczesnego kuratora zbiorów stwierdza jedynie, że przedmioty te były – nawet jako swoistego rodzaju pamiątki – bezwartościowe, chociaż „historyczny oryginał” (który już wówczas mało co z oryginałem miał wspólnego!) został przy tym znacznie uszkodzony. Skradzione części odtworzyła muzealna pracownia konserwacji i zdekompletowaną aparaturę uzupełniono. Oceniając jednoznacznie negatywnie czyn kradzieży, pragniemy zauważyć, że motywy złodziei nie były związane z chęcią wzbogacenia się, lecz raczej posiadania cennej „relikwii” – oto wystawiony w Monachium obiekt urósł do rangi materialnego symbolu przełomowego odkrycia i stał się kulturowym, niemal mitycznym, totemem.

Obie powyższe historie (3.2 i 3.3) związane z autentycznością „oryginalnej aparatury Lauego” opisał były kurator wystawy w Deutsches Museum dr Michael Eckert [7].

3.4. Krytyka i obrona Lauego

Oprócz wypowiedzi krytycznych, takich jak artykuł Michaela Eckerta, które dotyczą raczej próby odmitologizowania i uporządkowania faktów historycznych związanych

z odkryciem Lauego, w literaturze przedmiotu natkniemy się również (w naszej opinii – niestety) na głos (na szczęście odosobniony) podważający znaczenie Lauego w sposób zasadniczy, odmawiający mu prawa do sławy i przypisujący uznanie, jakim cieszy się on wśród fizyków i krytalografów mitologizacji przypominającej cześć religijną. Chodzi o wspomnianego już Paula Formana i jego niezrozumiałe zacierzowanie, z jakim starał się tępić Lauego [2]. Częściowym powodem tej krytyki było wytykanie Lauemu, że niepoprawnie interpretował wyniki „swojego” eksperymentu. Historycznie trzeba się z tym zgodzić, gdyż Laue istotnie zakładał początkowo, że dyfrakcji ulega promieniowanie emitowane przez wzbudzone promieniami X atomy kryształu. Dziś wiemy, że tak w ogólności nie jest (choć i takie wzbudzenie czasem ma miejsce, nazywamy to wówczas efektem anomalnym) i że dyfrakcja na kryształach rządzi się prawami zwykłej optyki. Laue zresztą później zrozumiał swój błąd. Dziś tzw. „warunki Lauego” opisują dyfrakcję na kryształach zgodnie z naturą tego zjawiska. Doskonałą odpowiedź w obronie Lauego dał Formanowi Paul Ewald [8], który był najbliższym świadkiem (oraz uczestnikiem) tamtych wydarzeń, nazywając ataki Formana „mitem o mitach”. Trudno byłoby znaleźć lepszego arbitra w tej sprawie niż Ewald, jeden z filarów współczesnej krytalografii.

W książce *Prawda i mity w fizyce* Andrzej Kajetan Wróblewski [9] stwierdza: „Słowo mit jest pojęciem wieloznacznym. Jeśli pominiemy pierwotne, oryginalne znaczenie, które mówi, że mit jest to opowieść o charakterze religijnym, mówiące np. o początkach rodzaju ludzkiego czy o początkach świata, to pozostanie inne, zgodnie z którym mit to z reguły fałszywe, uznawane bez dowodu mniemanie o czymś, o kimś, o jakimś fakcie lub wydarzeniu; jest to wymysł, legenda, bajka, fantastyczna historia.” Walka z pseudonauką nie powinna jednak pozbawiać odkryć ludzkiego wymiaru i odmawiać nam tak potrzebnej w społecznym odbiorze nauki i uczonych anegdoty. W naszej opinii przypadek Formana dobrze pokazuje, że w odmitologizowaniu faktów historycznych nie można popadać w drugą skrajność, której wyrazem jest podważanie wszystkiego, co funkcjonuje w przekazie historycznym i tym samym tworzenie nowych (anty)mitów. Umiar i dążenie do obiektywnej prawdy powinny wyznaczać także ramy sceptycyzmu w badaniu historii odkryć naukowych.

3.5. Historia medalu noblowskiego Lauego

Historia medalu noblowskiego Lauego jest dość komiczna, choć wmieszana w okrutne wydarzenia obu wojen światowych. Decyzję o przyznaniu Maxowi von Laue nagrody Komitet Noblowski podjął w listopadzie 1914 roku. Jednak z powodu wojny decyzja ta nie została ogłoszona w roku przyznania, lecz dopiero 11 listopada 1915 r. Dyplom oraz medal noblowski wręczył Lauemu zastępca ambasadora niemieckiego w Szwecji w roku 1916 [10]. Ze względu na I wojnę światową i napiętą sytuację w Europie Królewska Szwedzka Akademia Nauk zawiesiła uroczystości i przeprowadziła „zbiorową” uroczys-

tość noblowską za kilka lat w roku 1920. Uroczystość odbyła się wyjątkowo nie w rocznicę śmierci Alfreda Nobla (10 grudnia), ale w czerwcu. Max von Laue wygłosił wykład noblowski w Sztokholmie dnia 3 czerwca 1920 roku [11].

Swój medal noblowski Laue miał przy sobie, dopóki nie pojawiła się groźba konfiskaty przez władze Rzeszy prywatnych kosztowności (w tym złota) na potrzeby armii (taka konfiskata, a ściślej obowiązkowa odsprzedaż złota i dewiz, została rzeczywiście zarządzona w 1936 roku). Aby uchronić medal przed zarekwirowaniem, Laue wysłał go w roku 1935 do prof. Nielsa Bohra w pokojowej i neutralnej Danii. Wszystko było w porządku do momentu wkroczenia w dniu 9 kwietnia 1940 wojsk niemieckich do Danii, która padła w ciągu jednego dnia. W obawie, że medal Lauego (jak i trzymany w podobnym depozycie medal noblowski Jamesa Francka) może podczas rewizji wpaść w ręce hitlerowców i zdradzi właściciela (na każdym medalu noblowskim wygrawerowane jest nazwisko laureata), Bohr polecił swojemu współpracownikowi György de Hevesyemu by coś z tym zrobił. De Hevesy, który znał się na chemii, roztopił medale w wodzie królewskiej (mieszanka stężonego kwasu solnego i azotowego w stosunku 3:1). Medal w takiej postaci przetrwał później rewizję. Po wojnie Bohr zapytał Komitet Noblowski, czy może wykonać duplikat medalu. Odpowiedziano, że jest to możliwe, jeśli dostarczy się kruszec. Odzyskano więc złoto z roztworu i przesłano je do Sztokholmu. Laue otrzymał duplikat medalu prawdopodobnie około 1952 roku [12]. Niestety ślad po nim zaginął. Deutsches Museum nie potrafiło udzielić żadnej informacji, a z rodziną Lauego nie udało się nawiązać kontaktu w tej sprawie (informacja prywatna).

4. Na czym polega znaczenie odkrycia Lauego?

To skromne odkrycie Lauego, lub nieścisłe „eksperyment Lauego”, polegający na uzyskaniu dyfrakcji promieniowania X na kryształach, spowodowało przewrót we wszystkich naukach przyrodniczych. Najpierw w fizyce, gdyż potwierdziło falową naturę promieni Röntgena (choć... dziś wiemy, że jak każde promieniowanie elektromagnetyczne ma ono naturę zarówno falową, jak i korpuskularną, zależnie od prowadzonej obserwacji) oraz sieciową (czyli periodyczną) budowę kryształów (choć... dziś znamy kwazikryształy, które nie mają budowy sieciowej, przynajmniej w opisie w trzech wymiarach). Następnie w chemii, gdyż pozwoliło dosłownie zobaczyć budowę przestrzenną i określić precyzyjnie geometrię molekuł chemicznych oraz położenie atomów w kryształach wielu minerałów. Rozpoczęło się od tak prostych kryształów jak NaCl (minerał halit, czyli sól kuchenna) czy diament (po prostu czysty węgiel!), dalej przyszła kolej na setki tysięcy (dziś już ponad milion) związków organicznych, również takich jak leki czy materiały funkcjonalne, a następnie na makromolekuły biologiczne: białka i kwasy nukleinowe. Głównie dzięki kryształografii znamy dziś strukturę ponad 200 tys. tych molekuł życia. A to przekłada się na rewolucję w medycynie, gdzie nowe leki projektuje

się obecnie w oparciu o rozpoznane dokładnie „tarcze makromolekularne”, w które mają precyzyjnie trafić molekularne leki-pociski. O znaczeniu badań krystalograficznych zapoczątkowanych „eksperymentem Lauego” ukazało się wiele artykułów, m.in. w kwartalniku „Nauka” [13], szczególnie w historycznie ważnym roku 2014, ogłoszonym przez Organizację Narodów Zjednoczonych Międzynarodowym Rokiem Krystalografii.

5. Jak dziś wygląda „eksperyment Lauego”?

Choć główne elementy „doświadczenia Lauego” pozostały niezmienione (źródło promieni X, kryształ, detektor), to jego fizyczna realizacja, dzięki niesamowitym osiągnięciom fizyki i techniki, powoduje dziś zawrót głowy. Eksperymenty prowadzi się obecnie, wykorzystując astronomicznie jasne źródła synchrotronowe lub wiązki lasera rentgenowskiego na swobodnych elektronach (XFEL), gdzie intensywność promieniowania X jest niewyobrażalna. Pozwala to stosować bardzo małe kryształy (ok. 100 nanometrów²), skrócić czas naświetlania nawet do kilkudziesięciu femtosekund³, badać reakcje chemiczne, w tym procesy biochemiczne. Wykonuje się również badania rentgenograficzne w skrajnie niskiej ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) i skrajnie wysokiej (tysiące stopni Celsjusza) temperaturze oraz pod ciśnieniem przekraczającym 10 mln atmosfer, tj. ponad trzy razy większym niż w jądrze Ziemi. Eksperymenty krystalograficzne prowadzi się też poza Ziemią; jednym z instrumentów na pokładzie marsjańskiego łazika Curiosity jest dyfraktometr proszkowy, służący do badania za pomocą dyfrakcji promieni X drobno sproszkowanych kryształów, m.in. w celu identyfikacji minerałów występujących na powierzchni Marsa.

„Metoda Lauego” *sensu stricto* poszła w zapomnienie w latach 70. ubiegłego wieku, gdy silne źródła promieni X oraz automatyczne dyfraktometry umożliwiły badanie dyfrakcji promieniowania monochromatycznego, tj. o jednej długości fali λ . Interpretacja takiego eksperymentu jest o niebo łatwiejsza dzięki słynnemu równaniu Bragga [14]. Jednak z pojawieniem się źródeł synchrotronowych oferujących niezwykle intensywną wiązkę promieni X o szerokim spektrum λ oraz potężnych komputerów potrafiących rozwiązać równanie Bragga dla nieznanych wartości λ , do łask przywrócona została dyfrakcja polichromatyczna (przy wielu długościach fali), zwana w skrócie „dyfrakcją (lub metodą) Lauego”. Zaletą tej metody jest to, że na jednym „zdjęciu” (tj. na jednym dyfraktogramie) rejestrowana jest w czasie nanosekundowym⁴ pełna informacja o strukturze badanego kryształu. Jeśli więc w trakcie ekspozycji zachodzi w kryształach proces

² Nanometr (10^{-9} m) to milionowa część milimetra, czyli miliardowa część metra.

³ Femtosekunda (10^{-15} s) to miliardowa część mikrosekundy, która sama jest milionową częścią sekundy.

⁴ Nanosekunda (10^{-9} s) to miliardowa część sekundy; trwająca 0,001 sekundy (tj. 1 milisekundę) reakcja jest milion razy dłuższa niż ekspozycja o czasie 1 nanosekundy.

chemiczny lub biochemiczny (np. reakcja enzymatyczna) trwający ok. 0,001 sekundy, to wykonując w tym czasie serię szybkich „poklatkowych” ekspozycji, można zarejestrować, jak na filmie, przebieg tego procesu w świecie poruszających się atomów i molekuł! Tego rodzaju eksperymenty możliwe są też w wiązce lasera XFEL, która nie jest monochromatycznie czysta, lecz pokrywa pewien zakres widma ciągłego, zwanego zwyczajowo przez analogię do światła widzialnego „białym” (stąd mówi się też „różowe promieniowanie rentgenowskie”, a o metodzie „pink-Laue”), z tym że w takim przypadku naświetla się nie jeden kryształ (gdyż zostaje on „odparowany” jako plazma w błysku promienia XFEL), lecz szereg nanokryształów wstrzykiwanych w postaci zawiesiny do pulsującej wiązki lasera XFEL. Technika ta stosowana też bywa w pomiarach czasowo-rozdzielczych w fotokrytalografii, gdzie bada się powstawanie i zanik indukowanych światłem widzialnym zmian strukturalnych w tak zwanych pomiarach „pump-probe” (wzbudzenie-pomiar) [15]. Pionierem zastosowania metody Lauego w biokrytalografii z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego jest Keith Moffat [16], a z wykorzystaniem lasera XFEL – Henry Chapman [17].

6. Epilog

Biorąc pod lupę wystawioną w Deutsches Museum „original Laue-Apparatur” i wykonane na niej „doświadczenie Lauego”, pokazaliśmy za Michael'em Eckertem, że historia odkrycia związanego z podanymi w cudzysłowach określeniami obrosła mitem i nie wszystko w popularnym przekazie jest do końca prawdą. Jak pisał znakomity polski antropolog Bronisław Malinowski, mit „w swej żywej postaci nie jest symbolicznym, lecz bezpośrednim wyrazem przedmiotu, którego dotyczy (...) jest więc żywotnym składnikiem cywilizacji ludzkiej; nie jest czczym opowiadaniem, ale aktywną, stale działającą siłą” [18]. Najlepiej byłoby, co było celem naszego artykułu, aby do szerokiego kręgu odbiorców dotarła informacja prawdziwa. Nie łudzimy się jednak, że w odniesieniu do stosunkowo hermetycznych zagadnień naukowych będzie to w pełni możliwe. Czy w tej sytuacji propagacja nie do końca prawdziwej, być może zbyt uproszczonej narracji historycznej jest właściwa? Wydaje nam się, że mimo wszystko – tak. Lepiej chyba, aby nieco ubarwiona wersja historii odkryć naukowych trafiła do szerokiego kręgu odbiorców, niż gdyby z powodu pedantyzmu w przekazie miała ona tylko wąski zasięg. Co więcej, możemy w takiej sytuacji liczyć na koncentryczny efekt wzmacniający; odbiorca, który trafi w przyszłości na głębsze wyjaśnienie, z pewnością dobrze je zapamięta i... przekaże dalej. Dlatego naszą ostateczną konkluzją jest, że popularyzatorzy i historycy nauki powinni zawsze wykonywać „swoją robotę” najlepiej i najwierniej, jak można. Nie ma wątpliwości, że przyniesie to kiedyś efekt.

Literatura

- [1] Więckowski A.B., *Max von Laue (1879-1960)*. Nauka 2014, nr 2, s. 151–170.
- [2] Forman P., *The discovery of the diffraction of X-rays by crystals; a critique of the myths*. Arch. Hist. Exact Sci. 1969, nr 6, s. 38–71.
- [3] Friedrich W., Knipping P., Laue M., *Interferenz-Erscheinungen bei Röntgenstrahlen*, Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften Mathematisch-physikalische Klasse, München 1912, nr 2, s. 303–322.
- [4] Ewald P.P., *Fifty Years of X-ray Diffraction*. N.V.A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij, Utrecht 1962.
- [5] Friedrich Walter on 1963 May 15. Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics. <http://repository.aip.org/islandora/object/nbla:266548>
- [6] Heaney P.J., Kaliwoda M., *Walter Friedrich unplugged: his 1963 interview in East Berlin*. IUCr Newsletter 2020, 28(3). <https://www.iucr.org/news/newsletter/volume-28/number-3/walter-friedrich-unplugged-his-1963-interview-in-east-berlin>
- [7] Eckert M., *Mythos »Original«*. Kultur & Technik 2012, nr 3, s. 40–41. https://www.deutsches-museum.de/assets/Verlag/Download/Kultur_und_Technik/2012/KuT_032012.pdf
- [8] Ewald P.P., *The myth of myths; comments on P. Forman's paper on "The Discovery of the Diffraction of X-Rays in Crystals"*. Arch. Hist. Exact Sci. 1969, nr 6, s. 72–81.
- [9] Wróblewski A.K. *Prawda i mity w fizyce*, Warszawa 1987, Iskry, s. 7.
- [10] Zeitz K., *Max von Laue (1879–1960). Seine Bedeutung für den Wiederaufbau der deutschen Wissenschaft nach dem Zweiten Weltkrieg*, Stuttgart 2006, Franz Steiner Verlag, s. 27.
- [11] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1914/laue/lecture>
- [12] A unique gold medal. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB <https://www.nobelprize.org/prizes/about/the-nobel-medals-and-the-medal-for-the-prize-in-economic-sciences/>
- [13] Jaskólski M., *Krystalografia białek w Międzynarodowym Roku Krystalografii*. Nauka 2014, nr 4, s. 171–181.
- [14] Bragg W.H., *The reflection of X-rays by crystals*. Proc. R. Soc. London. A 1913, nr 88, s. 428–438.
- [15] Coppens P., Fournier B., *New methods in time-resolved Laue pump-probe crystallography at synchrotron sources*. J. Synchrotron Rad. 2015, nr 22, s. 280–287.
- [16] Moffat K., *Laue diffraction and time-resolved crystallography: a personal history*. Phil. Trans. R. Soc. A 2019, nr 377, 20180243.
- [17] Chapman H.N., *Structure determination using X-ray free-electron laser pulses*, [w:] *Protein Crystallography Methods and Protocols*, vol. in Methods in Molecular Biology, 2017, 1607, red. A. Włodawer, Z. Dauter, M. Jaskólski, s. 549–563.
- [18] Malinowski B., *Mit w psychice człowieka pierwotnego*, [w:] tegoż, *Dzieła*, t. VII, tłum. B.Leś, D. Prasałowicz, Warszawa 1990, PWN, s. 303.

O mitach w nauce na kanwie „oryginalnej aparatury Lauego”

Przełomowe odkrycie w 1912 r. zjawiska dyfrakcji promieni X na kryształach zrewolucjonizowało nie tylko fizykę, ale także chemię, biologię i w końcu również nauki medyczne, otwierając drogę do badania na poziomie atomowym struktury

leków oraz biomolekuł, do których mają one trafić. Po raz pierwszy dyfrakcję promieni X zaobserwowali Walter Friedrich (asystent) i Paul Knipping (doktorant) w eksperymencie wykonanym według wskazówek teoretyka, Maxa (później von) Lauego, który dwa lata później otrzymał za to indywidualnie Nagrodę Nobla (z oficjalną uroczystością w 1920 r.). Użyty wówczas przyrząd wystawiony jest w Muzeum Niemieckim w Monachium jako „oryginalna aparatura Lauego”. Opis taki jest podwójnie błędny: Laue nigdy osobiście na nim nie eksperymentował, a ponadto eksponat został w dużym stopniu odtworzony ze względu na zaginięcie lub kradzież (w samym Muzeum Niemieckim!) wielu części. Również „pierwsze zdjęcie rentgenowskie kryształu” otacza aura niejasności. Złoty medal noblowski Lauego został roztworzony w wodzie królewskiej dla uniknięcia konfiskaty i identyfikacji laureata przez hitlerowców. Po wojnie w Sztokholmie wybito duplikat, lecz wszelki ślad po nim zaginął. Ten przykład zniekształconej (często upiększonej) narracji o wielkim odkryciu skłania do zastanowienia: czy dopuszczalne jest opowiadanie o osiągnięciach nauki w sposób uproszczony, nie do końca zgodny z prawdą historyczną? Nasza odpowiedź to „ostrożne tak”, z zastrzeżeniem, że należy podejmować wszelkie wysiłki, aby tę prawdę historyczną przywrócić. I taki właśnie jest cel tego artykułu – w odniesieniu do jednego odkrycia fizyki.

Słowa kluczowe: promieniowanie Röntgena, dyfrakcja rentgenowska na kryształach, doświadczenie Lauego, Max von Laue, Walter Friedrich, Paul Knipping, Deutsches Museum München

Upon mythos in science: an example from the „original Laue apparatus”

The iconic discovery in 1912 of X-ray diffraction by crystals has revolutionized physics, chemistry, biology, and ultimately also life sciences, by providing a powerful method for structural characterization of drugs and drug targets used in molecular medicine. The first X-ray diffraction was recorded by an assistant (Walter Friedrich) and PhD student (Paul Knipping) under the instruction of a theoretician Max (later von) Laue, who two years later was the sole recipient of a Nobel Prize (with the award ceremony in 1920) awarded for this discovery. The experimental setup, now on display in Deutsches Museum München, is labeled “the original Laue apparatus”, which is doubly incorrect: Laue himself never experimented with it, and it has a number of reconstructed parts due to loss, or even theft in the Museum itself. Also, the “first X-ray diffraction photograph” is enshrouded in a mist of ambiguity. Laue’s Nobel medal was deliberately dissolved in aqua regia to evade identification and confiscation by the Nazis. A replica was minted but it has been lost without a trace. The distorted (embellished) account of this fundamental discovery makes one wonder: is it acceptable to repeat narrations about scientific achievements with some departure from the historical truth? We answer “reluctantly yes”, with the caveat that all possible effort should be expended to rectify the picture. And this article is trying to achieve exactly this, with respect to one discovery in physics.

Key words: X-rays, X-ray diffraction on crystals, Laue experiment, Max von Laue, Walter Friedrich, Paul Knipping, Deutsches Museum München

ANEKS

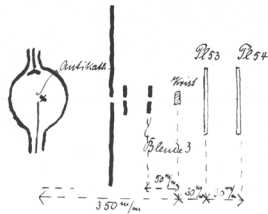
INSTITUT
FÜR THEORET. PHYSIK
MÜNCHEN, UNIVERSITÄT,
LUDWIGSTRASSE 17.

MÜNCHEN, DEN 4 Mai 1912.

Die Untersuchen beschäftigen sich seit 21 April 1912 mit Interferenzerscheinungen von X-Strahlen beim Durchgang durch Kristalle. Letzgedanke war, daß Interferenzen als Folge der Räumlichstruktur der Kristalle eintreten, weil die Gitterkonstanten ca 10 x größer sind, als die mittelmäßige Wellenlänge der X-Strahlen. Als Beweis wird Aufnahme N^o 53 u 54 niedergelegt.

Durchstrahlter Körper: Würfelsulfat
Exponiert 30'. Strahl in der mittelwachen Röhre 2 Milliamperes.
Abstand der Platten vom Kristall: N^o 53 = 30 mm; N^o 54 = 60 mm.
Abstand der Blende ? (φ 1,5 mm) 50 mm.
Abstand des Ausgangspunktes der Primärstr. vom Kristall = 350 mm.

Schema der Versuchsanordnung.



W. Dziubek. P. Knipping. M. Lane.

INSTITUT
Fizyki Teoretycznej
Monachium, Uniwersytet,
ulica Ludwiga 17.

Monachium, dnia 4 maja 1912.

Niżej podpisani od 21 kwietnia 1912 wykonują doświadczenia interferencyjne z promieniami X przy przechodzeniu przez kryształy. Myślą przewodnią było, czy pojawią się interferencje wynikające ze struktury sieci przestrzennej, ponieważ stałe sieciowe są ok. $10 \times$ większe od przypuszczalnej długości fali promieni X. Jako dowód przedkłada się zdjęcie nr 53 i 54.

Prześwietlane ciało: siarczan miedzi

Ekspozycja 30'. Prąd w średniomiejkiej lampie [X] 2 miliampery.

Odległość płyt od kryształu: nr 53 = 30 mm; nr 54 = 60 mm.

Odległość przesłony 3 (Φ 1,5 mm) 50 mm

Odległość punktu wyjściowego prom. pierwotnego od kryształu = 350 mm.

Schemat urządzenia doświadczalnego

W. Friedrich

P. Knipping

M. Laue

Treść notatki Maxa von Lauego dołączonej w 1951 r.

Niniejszy dokument przekazał Arnold Sommerfeld w maju 1912 Bawarskiej Akademii Nauk wraz z 2 rentgenodiagramami kryształów. Miał on służyć zapewnieniu pierwszeństwa. Nie pamiętam już tego, jak ten dokument dostał się w moje ręce, jak również tego, gdzie znajdują się obydwa należące do niego zdjęcia.

Berlin-Dahlem, 23.10.51.

(podpis)
Dr. M. v. Laue

Tłumaczył Andrzej B. Więckowski

Kopia (ze zbiorów Archiwum Niemieckiego w Monachium, BN30497) i tłumaczenie dokumentu złożonego 4 maja 1912 r. w Królewskiej Bawarskiej Akademii Nauk oraz tłumaczenie notatki Maxa von Lauego dołączonej w 1951 r.

