

Badania Laue'go, Friedricha i Knippinga nad interferencją promieni Röntgena *).

Natura promieni Röntgena pozostaje do dziś dnia zagadkową. Jedne z hipotez, służących do jej wytłomaczenia, uważają promienie X za promienie pociskowe, podobne do promieni β lub katodowych, ale nie unoszące swobodnych naboii elektrycznych, wskutek czego nie ulegają wpływowi pól elektrycznych i magnetycznych. Inne — przypuszczają podobieństwo do zjawisk świetlnych, uważając promienie Röntgena bądź za fale świetlne o nadzwyczaj krótkiej długości fali, bądź za fale nieokresowe, polegające na rozchodzeniu się oddzielnego, nieokresowego wstrząśnienia. Wstrząśnienia takie mogą być wywołane przez nagle zatrzymanie przez materję pędzących elektronów (w promieniach katodowych lub β).

Na korzyść teorii falowej przemawia fakt, że szybkość promieni X, zmierzona w r. 1905 przez Marxa, okazała się równą szybkości rozchodzenia się pola elektrycznego, a więc i szybkości światła. Natomiast napróżno poszukiwano zjawisk, któreby wynikały z tej teorii, np. odbicia prawidłowego, lub interferencji. Za prawdopodobną przyczynę ujemnych wyników można uważać nieokresowość fali lub też jej nadzwyczajną krótkość, wobec której najgładsze sztucznie otrzymane powierzchnie są chropowatemi, a najsubtelniejsze przyrządy interferencyjne zbyt grubemi dla wywołania oczekiwanych zjawisk.

Niemiecki fizyk Laue powziął niezmiernie szczęśliwy pomysł zastąpienia sztucznych siatek siatką naturalną, jaką stanowią cząsteczki materji, uporządkowane w kryształach. Według teorii Bravaisgo podstawą budowy kryształu jest siatka przestrzenna, utworzona przez trzy nierównoległe względem siebie układy płaszczyzn równoległych i równooddalonych. Te płaszczyzny dzielą przestrzeń na mnóstwo równych i przylegających do siebie równoległościaków, a cząsteczki materji mieszczą się w wierzchołkach tych równoległościaków.

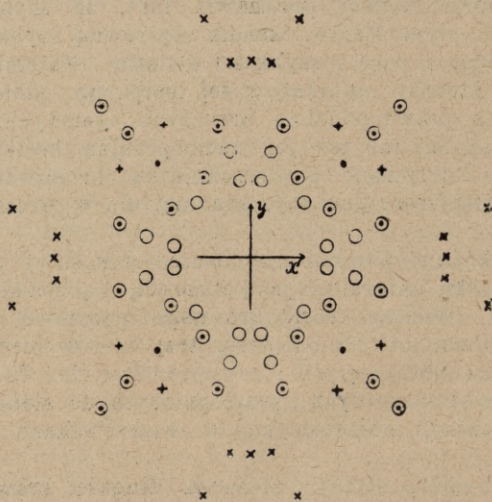
Wzajemne pochylenie ścian i stosunek długości krawędzi rozstrzygają o układzie krystalograficznym. W układzie równoosiowym np. kąty są proste i krawędzie równe, a równoległościaki przechodzą w sześciaki. Taka siatka posiada wszystkie elementy symetrii kryształu holodrycznego; kryształy hemiedryczne zawdzięczają, według przypuszczenia Bravais'go, braki pewnych elementów symetrii temu, że same cząsteczki, tworzące kryształ, posiadają budowę kierunkową; zorientowane jednakowo powodują niepełność symetrii kryształu; ale kształt siatki jest niezmienny, jej symetria jest zawsze symetrią kryształu holodrycznego.

Doniosłość badań, zainicjowanych i teoretycznie przepowiedzianych przez Lauego, a doświadczalnie przeprowadzonych przez Friedricha i Knippinga, polega nietylko na zdobyciu poważnych danych do rozstrzygnięcia zagadnie-

*) Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Sitzungsber. d. Königl. Bayerisch. Akad. d. Wissensch. 1912.

nia o naturze promieni X , ale i na stwierdzeniu słuszności teorii kryształów Bravais'go.

Rozumowanie Lauego było takie: cząstki materji, na które padają promienie X , stają się źródłem promieni wtórnych. Przyjmując trafność teorii Bravais'go, otrzymalibyśmy szereg źródeł promieni wtórnych, ułożonych w odstępach regularnych. Jeśli te promienie mają charakter falowy, to z takiego prawidłowego rozkładu źródeł fal wynikałyby zjawiska podobne do tych, które otrzymujemy z prawidłowego rozkładu źródeł fal elementarnych światła wzdłuż nacięć siatki dyfrakcyjnej, t. j. powinny wystąpić zjawiska interferencji. Różnica polega przede wszystkim na rozmiarach odstępów bez porównania mniejszych niż w siatkach sztucznych (w kryształe siarczku cynku około 3 milionów na milimetr, najlepsze siatki Rowlanda zawierają tylko 1700 na milimetr), oraz na okresowym powtarzaniu się źródeł promieniowania w trzech kierunkach przestrzennych zamiast w jednym. Ta okoliczność komplikuje zjawisko, ale obliczenie, choć nieco trudniejsze, daje się wykonać

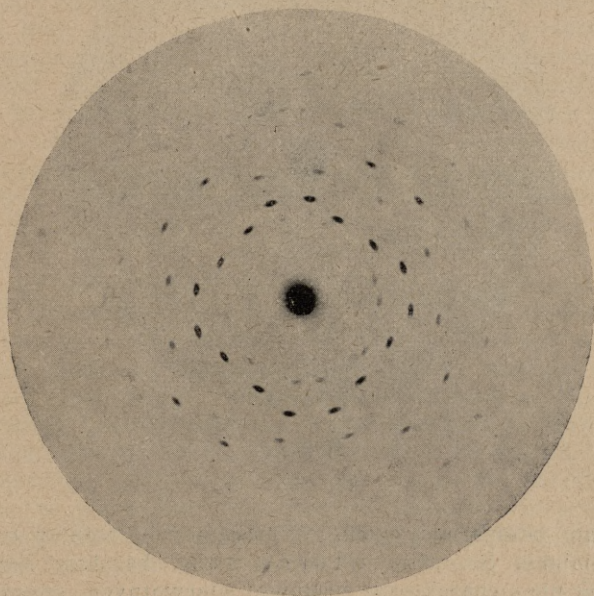


Rys. 1.

Istotnie Laue obliczył, jakie położenie powinny zająć maxima natężenia, jeśli promienie wtórne będą wzbudzone przez wiązkę promieni Röntgena, przenikającą płytkę kryształu równoległe do osi głównej. Rys. 1 przedstawia wynik tych obliczeń.

Dla sprawdzenia słuszności tych przewidywań Friedrich i Knipping użyli następującego zestawienia. Promienie X , pochodzące z rurki Röntgena po przejściu przez szereg djafragm przenikały przez płytkę, wyciętą z kryształu siarczku cynku prostopadle do osi głównej; za płytką kryształu umieszczano płyty fotograficzne, jedną bliżej, drugą dalej od kryształu, inne po jego bokach. Rys. 2 pokazuje obraz, otrzymany na dalszej płycie, plama środkowa odpowiada promieniom pierwotnym, które przeszły przez kryształ; inne

plamy odpowiadają zupełnie dokładnie rysunkowi Lauego, są więc prawdopodobnie spowodowane przez interferencje promieni wtórnych, wysłanych przez cząsteczki kryształu. Symetria tego obrazu jest zupełną symetrią osi czterokrotnej, t. j. każdej płaszczyzny nie leżącej na osi symetrii odpowiada 7 innych plam, na które może być nałożona przez odbicie zwierciadlane oraz przez trzy kolejne obroty po 90° . Jest to okoliczność ważna z tego względu, że kryształy siarczku cynku, należące do układu równoosiowego, są kryształami hemiedrycznymi. Stąd wynika, że otrzymany rysunek odpowiada symetrii nie



Rys. 2.

samego kryształu, lecz siatki Bravais'go dla układu równoosiowego, co potwierdza słuszność poglądu francuskiego krysztalografa na budowę kryształów hemiedrycznych. Płytkę, wyciętą prostopadłe do osi symetrii potrójnej, dostarczyła obrazu o wyraźnej symetrii potrójnej (rys. 3); płytka prostopadła do osi symetrii podwójnej, dała obraz o symetrii podwójnej.

Zdaniem Lauego, który ilościowo interpretował otrzymane wyniki, dają się one wyjaśnić przez interferencje elementarnych promieni wtórnych, wysłanych przez cząsteczki kryształu. Teoria Lauego przewiduje, że maxima wytwarzane przez promienie o tej samej długości fali będą leżały na szeregu kół o rosnących promieniach. Analiza otrzymanych fotografii doprowadza go do wniosku, że plamy nie mogły być otrzymane przez fale o jednej długości, lecz że należy przyjąć pięć różnych długości fali, stojących do siebie w stosunku 4:6:7:11:15; każda z nich daje początek kilku (1 — 4) serjom plam. To przypuszczenie wydaje się dość sztucznym i zdaje się wskazywać, że teoria posiada jeszcze jakąś lukę, którą dalsze badania doświadczalne i teoretyczne będą musiały uzupełnić. Najkrótsza z fal, uwzględnionych przez

Lauego wynosi $1,27 \cdot 10^{-9}$ cm., czyli około 0,01 $\mu\mu$; najkrótsze znane fale pozafajłkowe mają długości 100 $\mu\mu$.

Ponieważ każda długość fali daje kilka serji plam, przeto muszą to być fale okresowe, zawierające conajmniej po 4 pełne drgania, gdyż inaczej nie



Rys. 3.

mogłyby dać plam interferencyjnych, wymagających różnicy trzech długości fali. Więc promienie Röntgena wtórne mają charakter okresowy, co nie przesądza jednak nic o charakterze promieni pierwotnych; sposób ich powstawania przemawia raczej za tym, że mają postać nieokresową.

Prace Lauego i jego towarzyszy wywołały powszechne zainteresowanie i dziś już mamy garść prac, poświęconych teoretycznym rozważaniom lub doświadczalnemu badaniu promieni X w kryształach. Prace te były przeważnie drukowane w angielskiej „Nature“ i w „Physikalische Zeitschrift“. W. L. Bragg np. twierdzi, że, jeśli promienie Röntgena mogą interferować to powinny też ulegać odbiciu na powierzchniach zupełnie gładkich, których chropowatości byłyby nieznaczne nawet w porównaniu z długościami fali, które Laue obliczył. Takimi powierzchniami mogą być płaszczyzny łupliwości kryształów, o których przypuszczamy, że są gęściej niż inne obsadzone cząsteczkami. W celu sprawdzenia tego wyводу Bragg przeprowadził doświadczenie nad odbiciem promieni X od płytki miki, który to minerał ma szczególnie wyraźne płaszczyzny łupliwości. Oprócz plamy wywołanej przez promienie, przechodzące przez płytkę, otrzymywał plamę, której położenie

przy różnych kątach padania nie pozostawiało żadnej wątpliwości, że pochodzi z odbicia.

Osobne zjawiska odbicia otrzymali i inni fizycy (Barkla i Martyn; Mandelstam i Rohmann). Odbicie to zachodzi prawdopodobnie nie tylko na powierzchni, ale i na wewnętrznych płaszczyznach łupliwości, gdyż, jak stwierdzili Mandelstam i Rohmann, zjawisko zyskuje na intensywności, jeśli kryształ jest wewnętrznie uszkodzony; płaszczyzna łupliwości staje się wówczas płaszczyzną pęknięcia, nieciągłość materji staje się w tym miejscu bardzo wybitna i odbicie występuje z większym natężeniem.

Zachodzi więc pytanie, czy interpretacja Lauego przyczyny powstawania plam na płycie jest słuszną; czy zjawiska tego nie można objaśnić przez odbicie promieni X od wewnętrznych powierzchni szczególnych kryształu. Mandelstam i Rohmann stwierdzili nawet graficznie, że kilka serji plam Lauego odpowiada w zupełności odbiciu od kilku płaszczyzn krystalograficznych siarczku cynkowego. Rozstrzygnąć kwestję mogą tylko dalsze dokładne ilościowe pomiary i wyczerpująca dyskusja warunków powstawania obu rodzajów zjawisk. W razie obalenia hipotezy Lauego, upadają też i wnioski jego, dotyczące długości fali i liczby drgań we wtórnych promieniach X .

Ciekawe zjawisko odkrył ostatnio Friedrich, jeden ze współpracowników Lauego. Umieszczając w przyrządzie zamiast kryształu ciało bezpostaciowe (np. krążek z wosku, parafiny lub szkła), otrzymywał na kliszy dość wyraźny ciemny pierścień, otaczający spółśrodkowo plamę, wywołaną przez padające wprost promienie X . Części tego pierścienia znikają, jeśli materję poddawać uciskowi mechanicznemu. Autor tłumaczy te zjawiska uginaniem się promieni Röntgena na cząsteczkach materji, i upodabnia je do pierścieni świetlnych, otaczających źródło światła, gdy się na nie patrzy przez mgłę.

Być może, że pierwotna idea Lauego zostanie odrzucona; ale to nie zmniejszyłoby jego zasługi; wskazał on nową zupełnie drogę badań nietylko natury promieni Röntgena, ale i budowy wewnętrznej materji.

W. Werner.