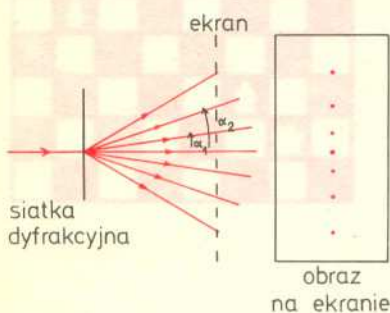
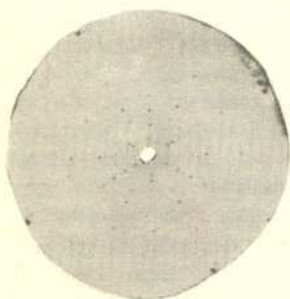


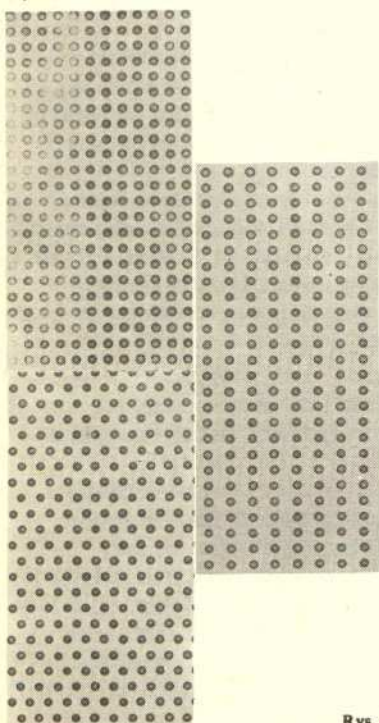
## JAK NIE ZBUDOWAĆ NAJLEPSZEGO NA ŚWIECIE MIKROSKOPU?



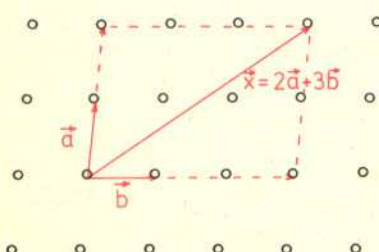
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

Nawet najlepszy mikroskop optyczny nie przekroczy naturalnej granicy wyznaczonej przez długość fali świetlnej: najbliższe leżące dwa punkty, które potrafi on rozróżnić, będą odległe o wielkość rzędu długości tej fali. Aby zaobserwować obiekty jeszcze mniejsze, konieczne jest użycie do wytworzenia obrazu fal o długości mniejszej niż długość fali świetlnej. Taką możliwość dają mikroskopy elektronowe: wiązka elektronów przyspieszonych do energii rzędu 100000 eV ma długość fali równą niewielkiemu ułamkowi rozmiarów atomu — pojawia się tu jednak inna trudność: wzajemne odpychanie jednoimiennie naładowanych elektronów zniekształca ich tory.

Chciałoby się więc znaleźć do konstrukcji mikroskopu inne krótkie fale. Niezłe byłyby promienie Roentgena. Ich długość fali jest tego samego rzędu, co długość fali szybkich elektronów — moglibyśmy więc oglądać najmniejsze nawet atomy pod mikroskopem Roentgena, gdyby taki istniał. Nie da się zaprzeczyć, że zbudowanie takiego mikroskopu byłoby olbrzymim osiągnięciem. Niestety jednak nikomu nie udało się dotychczas zrobić soczewki, która skupiałaby promienie X, przechodzą one bowiem przez materię praktycznie bez załamania. W tym momencie każdy zada pytanie:

### A NIE MOŻNA BEZ SOCZEWEK?

Odpowiedź, jak zwykle w życiu, brzmi: I tak i nie.

Nie można bez mikroskopu oglądać pojedynczych atomów, sytuacja jednak jest lepsza dla uporządkowanych układów tych atomów. Znakomitym przykładem są tu kryształy, stanowiące układy o periodycznej strukturze przestrzennej. Te same zjawiska, które w mikroskopie powodują zniekształcenia obrazu przy dużych powiększeniach, a mianowicie dyfrakcja i interferencja, umożliwiają badanie uporządkowanych układów atomów. Najprostszym przykładem takiego eksperymentu jest przepuszczanie wiązki światła przez siatkę dyfrakcyjną (rys. 1). Jak wiadomo, obserwujemy wtedy szereg wiązek ugiętych pod kątami spełniającymi związek:

$$(1) \quad \sin \alpha_k = \frac{k\lambda}{d} \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \text{ gdzie } \lambda \text{ jest długością fali świetlnej,}$$

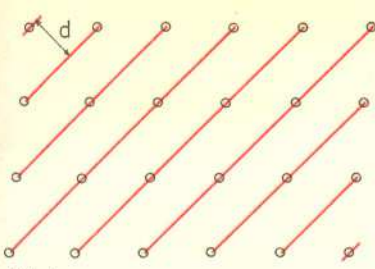
a  $d$  odległością między kolejnymi szczelinami siatki, przy czym odchylenie zachodzi w płaszczyźnie prostopadłej do szczelin siatki.

Jak łatwo sobie wyobrazić, obrazy dyfrakcyjne utworzone przez promienie roentgenowskie, które przeszły przez kryształ, są znacznie bardziej skomplikowane. Dzięki uprzejmości dr Elżbiety Rohozińskiej z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW mogę zademonstrować taki obraz otrzymany dla kryształu germanu (rys. 2).

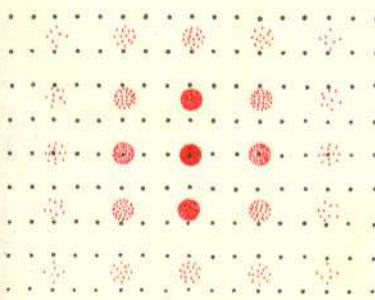
Słyszę już, jak niecierpliwi Czytelnicy pytają: A gdzie tu laboratorium w domu? W kopercie, rzecz jasna. Wyjmujemy z dołączonej do numeru koperty klatkę filmu 16 mm i przykładając ją bezpośrednio do oka patrzymy na punktowe źródło światła w miarę możliwości monochromatycznego. W praktyce może to być zwykła żarówka oglądana z odległości kilku metrów przez czerwony filtr fotograficzny. Dzięki ugięciu światła przez periodyczną dwuwymiarową sieć (bo taka znajduje się na filmie) zobaczymy nie jedną żarówkę, ale jej obraz powielony również w formie sieci periodycznej. Na klatce filmowej znajdują się trzy takie sieci, przedstawione w powiększeniu na rys. 3. Doświadczenie, które wykonujemy, jest uproszczoną kopią badań dyfrakcji promieni Roentgena na kryształach. Podstawowe różnice są dwie: nasza sieć jest dwuwymiarowa a nie przestrzenna oraz odległości między jej „atomami”, a także długość użytej fali są o kilka rzędów wielkości większe niż przy dyfrakcji promieni X na kryształach. Zasada jest jednak ta sama. Skoro już sobie obejrzelśmy, co widać przez nasz film, możemy zapytać

### JAKIE INFORMACJE MOŻNA W TEN SPOSÓB OTRZYMAĆ?

Prostą sieć płaską wyznaczają dwa wektory translacji  $\mathbf{a}$  i  $\mathbf{b}$  (rys. 4). Każdy punkt sieci można przedstawić w postaci  $\mathbf{x} = n\mathbf{a} + m\mathbf{b}$  gdzie  $n$  i  $m$  są liczbami całkowitymi. Znajdź długość fali użytej w doświadczeniu oraz mierząc kąty ugięcia poszczególnych obrazów dyfrakcyjnych można wyznaczyć wektory  $\mathbf{a}$  i  $\mathbf{b}$ , a zatem i całą sieć. Jak to zrobić?



Rys. 5

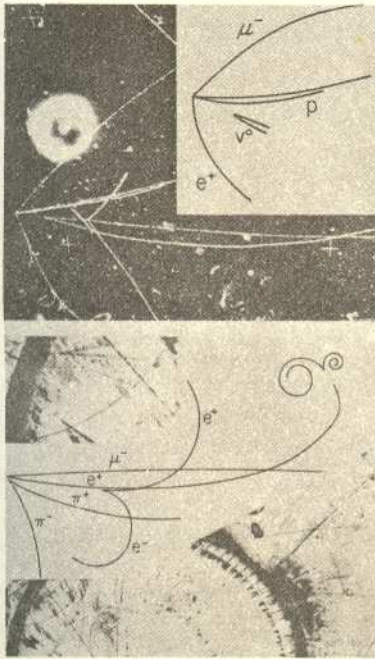
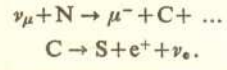


Rys. 6

## Czy świat jest powabny

Szczegółową odpowiedź na to pytanie pozostawiam Czytelnikowi dodając wskazówkę: na sieć dwuwymiarową można patrzeć jak na zbiór siatek dyfrakcyjnych, których szczeliny są rzędami „atomów” sieci (rys. 5). Rysując w różny sposób takie siatki otrzymamy ugięcia w różnych kierunkach. Można zastosować wzór (1) i w ten sposób bez użycia mikroskopu czy lupy określić dokładnie ułożenie „atomów” naszej sieci. Powstaje pytanie, czy możemy z obrazu dyfrakcyjnego wnioskować także o budowie samych „atomów” sieci — na przykład, czy są to kółka czy krzyżyki. Okazuje się, że pewnych informacji na ten temat może dostarczyć badanie jasności poszczególnych obrazów dyfrakcyjnych. Nie chciałbym, żeby Czytelnicy, którzy nie przeprowadzili szczegółowych rozważań, wyrobili sobie pogląd, że sieć przestrzenna obrazów dyfrakcyjnych i sieć rzeczywista „atomów” pozostają w takiej samej zależności, jak przedmiot i jego obraz otrzymany za pomocą soczewki. Dla przykładu, dla sieci prostokątnej obraz dyfrakcyjny będzie wyglądał, jak na rys. 6.

Rok temu („Delta” 6/1975) donosiliśmy o odkryciu nowych cząstek o niezwykle długim (w skali mikroświata) czasie życia. Ich istnienie nie mieściło się w dotychczasowych schematach klasyfikacji cząstek. Zagadkę można było rozwiązać postulując istnienie czwartego kwarku obdarzonego zupełnie nową liczbą kwantową nazwaną w języku angielskim charm (czyt. czarm), co można spolszczyć jako powab, czar, wdzięk. Wprowadzenie nowego kwarku do rodziny trzech znanych już i odpowiedzialnych za budowę wszystkich dotychczas obserwowanych cząstek to zabieg wielce śmiały. Jeżeli z trzech kwarków można utworzyć tak wiele cząstek, to dodanie nowego kwarku powinno zwiększyć listę znanych cząstek o wszystkie kombinacje, w których nowy kwark wstawiamy na miejsce któregoś znanego. Powstał problem, gdzie są te nowe przewidywane cząstki, jak je zaobserwować? Na całym świecie rozpoczęto gorączkowe poszukiwania. Już w końcu 1975 r. napływały pierwsze informacje, że natrafia się w komorach pęcherzykowych na ślady procesów świadczących, że takie nowe cząstki (w żargonie nazywane czarmowymi) istnieją. Zarejestrowane zdarzenia nie były jednak w pełni przekonujące. Dopiero w pierwszych dniach stycznia 1976 r. nadeszła wieść z dwóch źródeł o zaobserwowaniu zdarzeń bardzo mocno podtrzymujących tezę istnienia cząstek czarmowych. Wszystkie znalezione zdarzenia mają te same podstawowe cechy charakterystyczne. Do komory pęcherzykowej dochodzi wiązka neutrin. Neutrino zderza się z nukleonem cieczy wypełniającej komorę. W procesie zderzenia powstają różne cząstki, które nie są istotne dla naszego dalszego rozważania, oraz mezon  $\mu$  tak zwany mion, elektron dodatni (inaczej pozyton) oraz cząstka obdarzona dziwnością (patrz „Delta” 12/1974). Istnienie mionu jest proste do wyjaśnienia — powstaje on w wyniku oddziaływania neutrina z materią. Mion należy do tej samej klasy cząstek, co neutrino i w sposób uproszczony można powiedzieć, że neutrino przekształca się w mion. Istnienie w oddziaływaniu elektronu dodatniego i pojedynczego mezonu obdarzonego dziwnością nie może być wyjaśnione dotychczasowymi regułami rządzącymi zderzeniem cząstek. Pozyton może pochodzić z rozpadu cząstki, która powstała w pierwotnym zderzeniu. Cząstka dziwna może pochodzić również z tego samego rozpadu. Istnieją przesłanki teoretyczne pozwalające sądzić, że cząstki czarmowe rozpadają się najchętniej na cząstki dziwne. Zarejestrowane zdarzenia można więc interpretować jako zderzenie neutrina + nukleon, w wyniku którego produkuje się cząstka czarmowa (C) wraz z innymi cząstkami. Cząstka czarmowa rozpada się z kolei na cząstkę obdarzoną dziwnością (S), pozyton ( $e^+$ ) oraz neutrino elektronowe, którego nie widać, ponieważ ucieka z komory bez oddziaływania.



Zamieszczamy dwa zdjęcia (wraz ze szkicem objaśniającym) ostatnio zaobserwowanych zdarzeń. Pierwsze pochodzi z komory pęcherzykowej Gargamelle w CERNie (Europejska Organizacja Badań Jądrowych mieszcząca się w Genewie). Ślady pozytonu ( $e^+$ ) oraz dziwnej cząstki rozpadającej się na dwie cząstki naładowane ( $V^0$ ) pochodzą prawdopodobnie z rozpadu cząstki czarmowej. Zdjęcie drugie wykonano w 15-stopowej komorze w laboratorium im. Fermiego w Batawii (USA). Pozytonowi ( $e^+$ ) towarzyszy mezon  $K^0$  obdarzony dziwnością, rozpadający się na mezon pi dodatni i ujemny ( $\pi^+ \pi^-$ ). Przyjmuje się, że obie te cząstki pochodzą z rozpadu cząstki czarmowej. Podana interpretacja zdarzeń wydaje się być najbardziej prawdopodobna. Nie można jednak uznać, że są to niepodważalne dowody na istnienie cząstek czarmowych. Fizycy tak pragną ich istnienia, że może przeoczono nieświadomie jakąś lukę w argumentacji. Można jednak powiedzieć, że istnienie tych cząstek jest bardzo prawdopodobne i że w bieżącym roku można spodziewać się szeregu nowych fascynujących doniesień na ten temat — świat jest chyba powabny.