

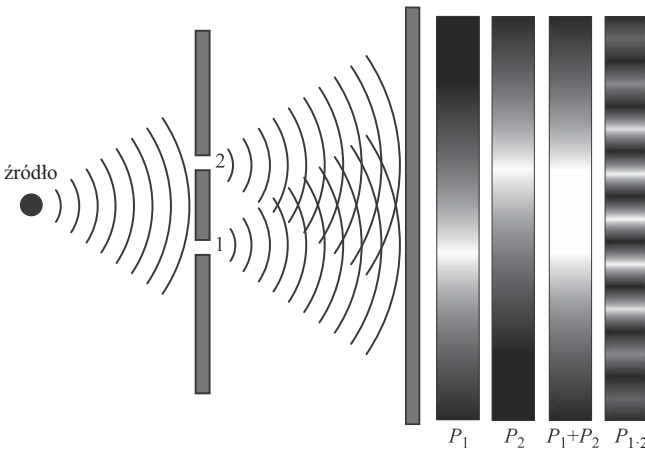
Aby skonfigurować eksperyment w rzeczywistości dla elektronów, trzeba użyć bardzo małych otworów lub szczelin, które leżą bardzo blisko siebie. Eksperyment jest więc zwykle przeprowadzany z fotonami – np. światło laserowe – co jest znacznie prostsze. Ale to jest możliwe również z elektronami, jak po raz pierwszy pokazał to Claus Jönsson z Tybingi w 1959 roku (*Zeitschrift für Physik A*, tom 161, nr 4). Przypuszczalnie Feynman w czasie jego wykładu nic na ten temat nie wiedział – przynajmniej pisze on, że nie należy próbować przeprowadzać tego eksperymentu w prawdziwym życiu, żeby do tego nie trzeba było budować niewykonalnego aparatu. Jak z pozornie malutkim silnikiem elektrycznym z poprzedniego podrozdziału, Feynman wyraźnie nie doceniał umiejętności swoich kolegów z fizyki doświadczalnej i technologii inżynierskiej.

Jaki obraz z punktów trafienia elektronów otrzymamy z czasem na powierzchni detektora? Gdzie uderzają elektrony?

Załóżmy, że elektrony zachowywałyby się jak obiekty makroskopowe, np. jak kule. Wówczas elektrony musiałyby lecieć całkiem prosto do przodu albo przez jedną dziurę, albo przez drugą. Ponieważ dziury są dość małe, wiele elektronów zmieniło kierunek lotu na ich krawędziach, ścieżka się tam wygięła. Ogólnie obrazem trafień na powierzchni detektora powinien być względnie zamazany obraz dwóch otworów. W przypadku, gdybyśmy mieli otwartą jedną dziurę naturalnie, otrzymujemy tylko zamazany obraz otwartego otworu.

Przyjrzyjmy się teraz w prawdziwym eksperymencie, czy to oczekiwanie zostanie potwierdzone. Jeśli zostawimy tylko jedną z dwóch otwartych dziur, to w rzeczywistości jest to ten przypadek: z wyjątkiem kilku drobnych szczegółów, które nie są tutaj ważne, widzimy wtedy obraz trafienia jako zamazany obraz otwartego otworu. Ale kiedy obie dziury się otwiera, wydarza się coś zupełnie nieoczekiwanego: obraz trafień z biegiem czasu wygląda zupełnie inaczej niż suma tych dwóch obrazów z jednym otwartym otworem. Zamiast tego widzimy wzór z pasków naprzemiennie

bardzo wielu i bardzo niewiele trafień (rysunek 5.6). Szanse na trafienie tylko przez otwór pierwszy i otwór drugi sumują się, zatem nie jest prosto trafić w otwór, gdy oba otwory są otwarte w tym samym czasie.



Rysunek 5.6. Doświadczenie z podwójną szczeliną z elektronami. Cztery paski po prawej stronie przedstawiają prawdopodobieństwo trafienia elektronów w ekran detektora w różnych eksperymentach; im jaśniej, tym więcej uderzeń. P_1 i P_2 oraz $P_{1,2}$ to prawdopodobieństwo trafienia, jeśli odpowiednio są otwarte tylko otwór jeden lub tylko otwór dwa lub oba otwory. Pasek z prawdopodobieństwem trafienia $P_1 + P_2$ powinien wynikać z dwóch otwartych otworów, gdyby elektrony działały jak kule. Zamiast tego w eksperymencie otrzymujemy efekt widoczny na prawym pasku

Nie da się tego wytłumaczyć zachowaniem kulek. Elektrony zachowują się widocznie inaczej – ale jak? Pewną wskazówkę daje nam zachowanie się fal: fale mogą interferować, np. dolina fali i grzbiet fali zacierają się nawzajem. Jeśli wyślemy fale przez dwa sąsiednie otwory, za nimi powstaną naprzemienne paski z ingerencją „konstruktywną” i „destruktywną”, tzn. powyżej i poniżej intensywności fali.

Tego właśnie potrzebujemy, aby pokazać falowość: gdy oba otwory są otwarte, fala, ze względu na efekt interferencji, może być w niektórych miejscach słabsza niż w przypadku przepuszczenia przez tylko jeden otwór – dokładnie tak samo jak dla prawdopodobieństwa spotkania się elektronów.