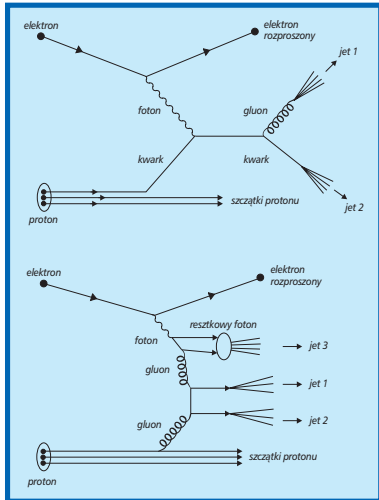


## Podwójne życie fotonu



Schematyczna ilustracja dwóch rodzajów procesu rozpraszania fotonu na protonie.

**Proces bezpośredni** (u góry): Foton wypromieniowany przez rozproszony elektron trafia w jeden z kwarków protonu, a następnie kwarlek ten wypromieniowuje gluon. W detektorze obserwuje się dwa „jety”. Elektron i szczątki protonu wylatują z detektora przez rurę wiązki i nie zostają zarejestrowane.

**Proces rozwinięty** (u dołu): Wypromieniowany foton zamienia się w parę kwark-antykwarlek, przy czym jeden z kwarków wypromieniowuje gluon. Ten z kolei oddziałuje z jedną z cząstek — składników protonu (na rysunku z gluonem). Powstają przy tym także dwa „jety”, ale w odróżnieniu od procesu bezpośredniego, zarejestrowany zostaje resztkowy foton dający „jet” 3.

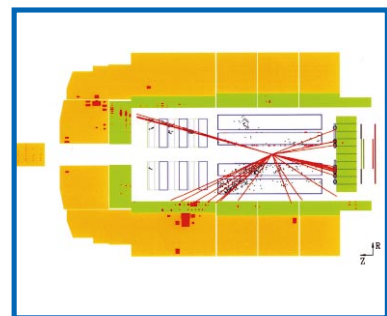
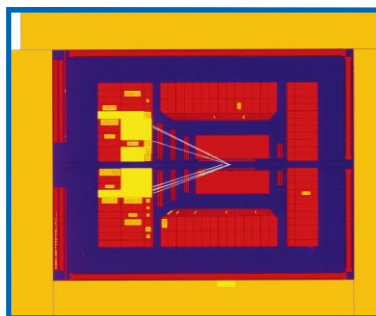
„50 lat dociekań nie doprowadziło mnie bliżej do odpowiedzi na pytanie: «Czym właściwie są kwanty światła?»” — napisał Albert Einstein cztery lata przed swoją śmiercią. Chodziło mu przy tym o obie formy występowania promieniowania elektromagnetycznego: jako cząstka (foton) i jako fala.

Przy analizie pierwszych wyników pomiarowych otrzymanych z HERA, okazało się ponownie, że foton prowadzi podwójne życie również jako cząstka.

W zderzeniach elektronów i protonów w HERA, elektron doznaje przyspieszenia w polu elektrycznym protonu i wypromieniowuje foton. Foton ten reaguje następnie z naładowanymi składnikami protonu. Obaj partnerzy, foton i kwarlek mogą się przy tym skontaktować bezpośrednio poprzez oddziaływanie elektromagnetyczne (tzw. proces bezpośredni). Natomiast drugie swoje oblicze ukazuje foton, gdy na bardzo krótki czas przemienia się w parę kwark-antykwarlek i otulony chmurą gluonów leci dalej. Jeżeli foton w takim „rozwinętym” stanie oddziałuje z którymś ze składników protonu, to wystąpią reakcje cząstek innego typu niż te, które zachodzą w procesie bezpośrednim.

Fizycy eksperymentalni poszukiwali już od dłuższego czasu reakcji, w których przejawia się „podwójne życie” fotonu. Znalaziono je po raz pierwszy w HERA. Te dwa rodzaje procesów są rozróżnialne w aparaturze pomiarowej, ponieważ w procesie rozwiniętym uczestniczy w rozproszeniu tylko niewielka część chmury kwarkowo-gluonowej. Resztkowy foton leci dalej praktycznie w tym samym kierunku i może zostać zaobserwowany pośrednio (patrz na dolny prawy rysunek). Natomiast w procesie bezpośrednim nie ma resztkowego fotonu, a zatem aparatura wykaże zupełnie inny rozkład energii i śladów powstałych cząstek.

Rekonstrukcja komputerowa „jetów” cząstek powstających w procesie bezpośrednim (po lewej) i rozwiniętym (po prawej). Dane pochodzą z wielkich detektorów H1 i ZEUS, znajdujących się w halach eksperymentalnych HERA. Na rysunkach przedstawione są przekroje podłużne tych detektorów. Elektrony wlatują do obszarów zderzeń z lewej a protony z prawej strony.



Na lewym rysunku widoczne są dwa „jety”, które powstały z rozproszonego kwarku i wypromieniowanego gluonu w procesie bezpośrednim.

Prawy rysunek przedstawia proces „rozwinęty”. Foton wypromieniowany przez elektron zamienia się w parę kwark-antykwarlek. Skutkiem reakcji jednego z gluonów fotonu z gluonem wchodzącym w skład protonu jest powstanie dwóch skierowanych w lewo „jetów”. „Jet” wytworzony przez resztkowy foton widoczny jest w prawej połowie detektora.

