

## PERSPEKTYWY BUDOWY KOMPUTERÓW KWANTOWYCH

**Czesław Hławiczka**

*Cieszyn, prywatny przedsiębiorca*  
hlawicz1@wp.pl

### Streszczenie

Obecne, klasyczne komputery bazują na pomiarze przepływu elektronów. W wersji cyfrowej przetwarzają operacje logiczne najczęściej przy pomocy metod iteracyjnych. Informacje zapisywane są za pomocą dwóch fundamentalnych wartości: przepływ elektronów oznacza 1, a brak przepływu 0. Dają bardzo dokładny wynik, ale działają stosunkowo wolno.

Komputery kwantowe działają na zasadzie komputerów analogowych. Wkraczają one w subatomowy obszar nieokreśloności, gdzie stan kwantowy cząstki możemy badać tylko z pewnym teoretycznym prawdopodobieństwem. Taki stan kwantowy zawiera wiele informacji równocześnie, we wzajemnej superpozycji od 0 do 1. Odpowiednio zaprogramowana ewolucja stanu kwantowego odpowiada procesowi obliczeniowemu, dającemu szukany wynik. Komputery kwantowe działają bardzo szybko, ale ich dokładność nie jest duża i wymagają dużej ilości powtórzonych obliczeń.

Czy to prawdopodobieństwo można dowolnie zdeterminować, tak aby komputery kwantowe dało się użyć do dokładnych obliczeń? Dlaczego prawa fizyczne są takie same w czasie i przestrzeni? Czy mimo braku przyczynowości na poziomie kwantowym historia świata jest zaplanowana? Dlaczego nasz Wszechświat istnieje pomimo dokonywania przez materię „złych wyborów”, a fotony starają się zwiększyć chaos i entropię? Czy czasoprzestrzeń jest dyskretna czy ciągła? Czym jest przestrzeń i czas?

Być może w przyszłości znajdziemy odpowiedzi na pytania jak kwantowa informacja jest zaprogramowana, dlaczego z tego wynikają takie a nie inne prawa fizyki i dlaczego pomimo braku przyczynowości na fundamentalnym poziomie kwantowym wszystko zdaje się mieć swoją przyczynę w obserwowanym codziennie makroświecie.

**Słowa kluczowe:** komputery kwantowe, kwantowa informacja, kwantowa informatyka, determinizm, zasada holograficzna, strzałka czasu

**Key words:** quantum computers, quantum information, determinism, holographic principle, arrow of time

## 1. Historia informatyki kwantowej

Mechanika kwantowa, na której oparte jest działanie komputerów kwantowych, rozwija się już sto lat. W 1924 roku Louis de Broglie zauważył, że każdy obiekt materialny może być opisany jako cząstka lub jako fala. W 1925 roku Werner Heisenberg opracował macierzową wersję mechaniki kwantowej, opisującą relacje między cząstkami elementarnymi. W 1926 roku Erwin Schrödinger zaproponował równanie opisujące zachowanie się cząstki, którego rozwiązaniem jest funkcja falowa. Według Maxa Borna kwadrat jej wartości bezwzględnej podaje prawdopodobieństwo znalezienia punktowej cząstki. Sugeruje to, że cząstka nie ma określonych własności przed pomiarem, a dopiero obserwacja je konkretyzuje. Na bazie tego stwierdzenia Bohr i Heisenberg sformułowali w 1927 roku interpretację kopenhaską mechaniki kwantowej.

Albert Einstein nie chciał zgodzić się z taką niedeterministyczną interpretacją i razem z Podolskim i Rosenem zaproponowali eksperyment myślowy, który wymagał uzupełnienia mechaniki kwantowej. Z równania Schrödingera wynikało, że każdą cząstkę można rozbić na dwie splątane cząstki, tworzące lustrzane odbicie niezależnie od odległości. Jeśli własności cząstki przed pomiarem nie są określone i ma ona dowolny stan, to w jaki sposób informuje splątana z nią cząstkę o swoim stanie w momencie pomiaru, i to szybciej niż prędkość światła? Dopiero w 1964 roku John Stuart Bell zaproponował twierdzenie, że zgodnie z mechaniką kwantową nie można jednocześnie realnie zmierzyć i zlokalizować kwantowej cząstki.

Eksperymenty prowadzone przy użyciu laserów udowodniły, że rzeczywiście cząstki nie można punktowo zlokalizować. W 1982 roku Alain Aspect przeprowadził eksperyment pokazujący, że dwa splątane kwantowo fotony zawsze równocześnie mają przeciwną polaryzację i nigdy jednakową, niezależnie od odległości, tak jakby była to jedna i ta sama cząstka, tylko obserwowana w dwu różnych miejscach.

W obecnych czasach kwantowe splątanie wykorzystywane jest już profesjonalnie w komercyjnych urządzeniach do kwantowego kodowania tajnych informacji przesyłanych na odległość. Urządzenia takie można kupić poniżej 100 tysięcy dolarów. Eksperymenty z laserami wykazały, że informacja nie znika w momencie kolapsu funkcji falowej i nie pojawia się z niczego, jak początkowo wnioskowano, ale cały czas jest w stanie mieszanym w superpozycji z coraz to innymi informacjami. Zestaw informacji ciągle się zmienia i nie można idealnie powielić informacji poprzedniej. Ta prawda była podstawą rozwijanej w latach 80-tych przez Wojciecha Żurka teorii non-cloning, z której powstały dalsze teorie, ogólnie zwane „no-go theorems”. Z prawa zachowania informacji można wyprowadzić prawo zachowania energii, co matematycznie udowodnili Ryszard i Paweł Horodecki.

## 2. Ostatnie osiągnięcia

Już z końcem lat 90-tych zaczęto budować komputery kwantowe. Przeszkodą w ich budowie jest dekoherencja kwantowa, która miesza informacje z komputera z informacjami z otoczenia. 8 czerwca 2012 roku opublikowano w „Science” artykuł opisujący sfumienie dekoherencji w temperaturze pokojowej przez jedną sekundę, co w skali kwantowej jest dużym postępem.

W związku z powyższym zmodyfikowano kopenhaską interpretację mechaniki kwantowej i pojęcie kolapsu zmieniono na „złudzenie kolapsu” (*appearance of collapse*). Powstało też wiele nowych interpretacji mechaniki kwantowej.

Informatyka kwantowa rozwija się bardzo szybko. Już w 1994 roku Peter Shore napisał pierwszy algorytm szukania liczb pierwszych dla komputera kwantowego. Jest to algorytm probabilistyczny, dający wynik z określoną dokładnością po wykonaniu odpowiedniej ilości działań, które jednak w kwantowym procesorze można bardzo szybko powtarzać. W 2001 firma IBM przeprowadziła pierwszy test tego algorytmu, używając komputera kwantowego z 7 qubitami do faktoryzacji liczby 15. Obecne szyfrowanie wiadomości w internecie oparte jest na kodzie zbudowanym na kombinacji dużych liczb pierwszych – i zastosowanie algorytmu Shora na szeroką skalę grozi złamaniem tego szyfru.

W czerwcu 2011 roku na Uniwersytecie Kalifornijskim w Santa Barbara dokonano przekazu informacji od pojedynczego elektronu do atomu azotu i z powrotem. Z początkiem 2012 roku fizycy australijscy z uniwersytetu New South Wales i fizycy amerykańscy z uniwersytetu Purdue skonstruowali procesor z jednego atomu fosforu, umieszczonego w kryształce krzemu. Również z początkiem 2012 roku naukowcy w National Institute of Science and Technology w USA zbudowali symulator kwantowy z 300 atomów berylu, który teoretycznie potrafi równocześnie dokonywać dziesięć do 80-tej potęgi operacji matematycznych, co odpowiada mocy komputera cyfrowego wielkości całego naszego obserwowanego Wszechświata. „Teoretycznie” oznacza tu ilość zdarzeń kwantowych mogących zachodzić jednocześnie w systemie składającym się z 300 atomów, co jest jednak dla nas ukryte zgodnie z teorią nieoznaczoności i możemy jedynie mierzyć prawdopodobieństwo zajścia zaprogramowanych procesów. Atomy berylu stabilizowane są w magnetycznym polu pułapki Penninga, a dane odczytywane są przy pomocy laserów w temperaturze zbliżonej do zera absolutnego.

## 3. Konsekwencje badań nad informatyką kwantową

Badania te mają poważne konsekwencje dla postrzegania otaczającego nas świata. Przede wszystkim nielokalność cząstek kwantowych eliminuje odległość między nimi, a więc przestrzeń jest pewnym opisem geometrycznym matematycznych relacji między informacjami. Wymusza to opracowanie

kwantowej teorii grawitacji, jako uzupełnienia pojęcia czasoprzestrzeni w Ogólnej Teorii Względności. Także cząstki nie są żadnymi kulkami ani punktami poruszającymi się w przestrzeni, a raczej stanowią one matematyczny opis, który w relacjach z innymi opisami daje wrażenie materialnej cząstki. Z tego wnioskujemy, że *materia nie jest fundamentalnym nośnikiem informacji, lecz raczej niematerialna informacja tworzy odczucie materii*. Funkcja falowa opisująca cząstkę jest niematerialnym bytem i w zasadzie *żyjemy w świecie matematycznym, dającym złudzenie materialnego*.

Nawiązuje to do interpretacji Dawida Bohma, według której wszystkie cząstki są połączone ze sobą w jeden system informatyczny powiązany nielokalnymi, ukrytymi zmiennymi. Każda cząstka wchodzi w relację z innymi cząstkami i ta relacja tworzy zdarzenie kwantowe. Zdarzenia kwantowe mogą zachodzić w zaprogramowanej sekwencji. Ilość tych sekwencji matematycznie zapisanych w cząstce daje obraz długości fali Comptona  $\lambda = h/mc$ .

Można zauważyć ciekawą relację między światem kwantowym a światem makro.

$$(\lambda_p / \lambda_x) * (\lambda_p / \lambda_y) = \alpha F_g / F_e,$$

gdzie:

$$\lambda_p * \lambda_x = hG/c^3 = \text{kwadrat długości Plancka},$$

$$\lambda_x, \lambda_y = \text{długość fali Comptona} = \lambda = h/mc,$$

$$\alpha = \text{alfa} = ke^2/hc = \text{stała struktury subtelnej},$$

$$F_g = \text{siła oddziaływania grawitacji Newtona},$$

$$F_e = \text{siła oddziaływania elektrostatycznego Coulomba}.$$

Powyższy zapis jest tautologią, ale sugeruje, że jeden obrót cząstki zbudowanej z kwarków lub leptonów obdarzonych ładunkiem powoduje w układzie odniesienia obserwatora zwłokę czasu Plancka. Suma wszystkich czasów Plancka pochodzących od innych cząstek, z którymi wchodzi w relacje obserwowana cząstka, daje czas trwania odpowiadający długości fali Comptona. Te relacje z innymi cząstkami mogą być nielokalnymi ukrytymi zmiennymi w interpretacji Bohma. Jak zauważyli Haish i Rueda, cząstka nie drga sama z siebie, ale oscyluje absorbując i emitując informacje z otoczenia.

Przy pomocy długości fali Comptona można z izotermicznego równania gazu doskonałego otrzymać wzór Unruh-Daviesia na przyspieszenie cząstki w polu z gradientem gęstości energii próżni. Również przy pomocy długości fali Comptona można dojść do wzoru na dylatację czasu w polu grawitacyjnym, równania Schwarzschilda dla stacjonarnej czarnej dziury i równania Hawkinga-Beckensteina na holograficzny rozkład informacji w czarnej dziurze.

#### 4. Matematyczny model przestrzeni, materii i czasu (Digital Universe)

Jak wiemy, elektron w atomie nie krąży po orbicie, ale znajdujemy go wokół jądra z pewnym prawdopodobieństwem w określonych miejscach, co można ująć matematycznie np. w formie macierzy obracającej się w relacji do innych

macierzy, opisujących inne cząstki. Dlatego funkcja falowa elektronu w atomie nie przedstawia fizycznego, materialnego elektronu, ale jego matematyczny opis. Zgodnie ze wzorem Unruh-Daviesia cząstka zawierająca więcej informacji, czyli relacji z innymi cząstkami, jest bardziej zlokalizowana, oscyluje z krótszą falą Comptona-de Broglie. Taka cząstka wchodzi w coraz to nowe relacje z innymi cząstkami, co można zapisać matematycznie. Matematyczny model sugeruje, że również przestrzeń jest tylko matematycznym opisem i tworzy naszą geometrię i topologię.

W przestrzeni topologicznej wyróżniona jest pewna rodzina jej podzbiorów, co – mimo braku pojęcia odległości – umożliwia określenie, czy dany punkt lub podzbiór znajduje się bliżej lub dalej od innego podzbioru. Szczególnym rodzajem przestrzeni topologicznej jest topologia porządkowa, w której wyznaczony jest pewien porządek liniowy, np. linia prosta rzeczywista jako zbiór informacji ułożonych według określonej kolejności. W fizyce takimi podzbiórami mogą być elementarne zdarzenia kwantowe przedstawiające kolejność relacji między zbiorami informacji reprezentującymi cząstki materialne.

Informacje zawarte w przestrzeni mogą przechodzić do zbiorów informacji zawartych w cząstkach zgodnie ze wzorem Unruh-Daviesia i podlegają prawom termodynamiki. Absorbacja informacji przez cząstkę zwiększa jej energię i masę relatywistyczną oraz jednocześnie zakrzywia przestrzeń w kierunku tej cząstki materialnej. Absorbacja fotonu w efekcie Comptona w tym modelu jest tylko szczególnym przypadkiem efektu Unruh-Daviesia.

Ciekawą koincydencją jest, że relacja ilości informacji, która potencjalnie może być zaabsorbowana wg wzoru Bekensteina  $N = \pi R^2 / L^2$  (1/4 powierzchni protonu przez kwadrat długości Plancka) przez doświadczalnie zmierzoną strukturę protonu (charge radius) do ilości oscylacji Comptona, jaką ten proton wykonał od początku w czasie 13,8 mld lat, jest równa relacji ilości masy wszystkich protonów w naszym obserwowalnym Wszechświecie do masy całego obserwowalnego Wszechświata łącznie z ciemną materią i ciemną energią.

A więc oprócz informacji zlokalizowanych w cząstkach, powodujących inercję, masę spoczynkową i energię, istnieje informacja niezlokalizowana tworząca przestrzeń, czyli naszą geometrię. Zapis matematyczny takiej próżni można zobrazować tzw. wirtualnymi cząstkami. Wirtualne cząstki są rzeczywiście wirtualne, bo jest to tylko matematyczny zapis kolejności relacji między cząstkami. Richard Feynman obrazuje je grafami; taka wirtualna cząstka nie ma lokalizacji w przestrzeni – może być wszędzie tam, gdzie jest potrzebna. Istnienie takiej matematycznej struktury próżni potwierdza efekt Casimira, efekt Lamba, polaryzacja próżni i spontaniczna emisja promieni gamma. Te wizualne efekty mają jednak czysto matematyczne niematerialne źródło, nie potrzeba materialnego eteru. Eksperymentalnie potwierdza to analiza promieniowania po wybuchu supernowej w 2004 roku. Polaryzacja krótkich i długich fal pozostała ta sama mimo miliardów lat świetlnych odległości, jaką te fotony przebyły, pomimo wchodzenia w matematyczne relacje z geometrią przestrzeni.

Taki model matematyczny sugeruje równoczesność zdarzeń kwantowych, odmierzanych w naszym układzie odniesienia czasem Plancka. Większa ilość

zdarzeń kwantowych zwiększa energię, określoność i częstotliwość, skraca długość fali i wydłuża czas – zgodnie z transformacjami Lorentza. Powoduje to różne długości fali Comptona tych samych cząstek w różnych układach odniesienia, w zależności od ilości relacji z innymi cząstkami, np. przy masywnych obiektach lub relatywistycznej prędkości.

Matematyczny model cząstki lub systemów cząstek może wzajemnie się obracać i wymieniać informacje, czyli elementarne relacje względem siebie. Model ten posługuje się podobnym aparatem matematycznym co teoria strun, z tym że nie występuje w nim materialny obiekt drgającej struny, jedynie matematyczne funkcje przekazujące informacje. Wymaga to jeszcze dalszych badań, ale taki model sugeruje, że przestrzeń, materia i czas są tylko przemyślnymi, matematycznymi konfiguracjami informacji.

Dobrym przykładem jest pole grawitacyjne. Jeśli przestrzeń to próżnia wypełniona zdarzeniami kwantowymi, nazywanymi też wirtualnymi cząstkami-antycząstkami, czyli matematycznymi relacjami między nielokalnymi informacjami o cząstkach materii, to takich wirtualnych cząstek-antycząstek będzie najwięcej w pobliżu materialnych, masywnych obiektów. Zatem matematyczny opis takiej przestrzeni będzie relatywnie gęstszy, co obserwujemy jako zwolnienie czasu w silnym polu grawitacyjnym. Dlatego oscylacje cząstki w takiej przestrzeni będą zgodnie z efektem Unruh-Daviesia przyspieszać w kierunku wyznaczonym przez gradient gęstości zdarzeń kwantowych, czyli w kierunku masywnego obiektu. Przyspieszająca cząstka odczuwa jakby absorbowowała fotony z próżni, a zwalniana – jakby je emitowała. Oczywiście w swobodnym przyspieszeniu jest to niemożliwe do zaobserwowania. Dochodzi do tego w szczególnych przypadkach, kiedy cząstka jest nagle przyspieszana lub zmienia kierunek i wtedy rzeczywiście absorbuje foton, będący pakietem dużej ilości informacji, jako efekt Comptona, który w takim matematycznym modelu jest szczególnym przypadkiem Unruh-Daviesia. Absorpcja fotonu to absorpcja pakietu wirtualnych cząstek-antycząstek z przestrzeni, a emisja to fala wirtualnych cząstek-antycząstek, która niejako zwiększa przestrzeń i przesuwana się z maksymalną w naszym układzie prędkością jeden czas Plancka na jedno zdarzenie kwantowe, czyli prędkością światła. Należy zauważyć, że prędkość światła zależy od gęstości przestrzeni, czyli wypełnienia zdarzeniami kwantowymi i w układach nieinercyjnych jest różna. Tylko w układach inercyjnych, z jednakowym polem grawitacyjnym jest stała.

Zauważono, że w obiekcie takim jak czarna dziura ilość informacji jest proporcjonalna do kwadratu średnicy obiektu, a w geometrii objętość kuli jest proporcjonalna do sześcianu średnicy obiektu. A więc informacja o całym obiekcie łącznie z jego całym wnętrzem może zmieścić się na jego powierzchni. Gerard t'Hooft nazwał to „zasadą holograficzną”. Dodatkowo masa czarnej dziury jest proporcjonalna do jej średnicy w pierwszej potęgę, co prowadzi do spadku gęstości, a w astronomii obserwujemy to jako ekspansję Wszechświata i prawo Hubble'a.

Ruch galaktyk ku sobie pod wpływem grawitacji jest w pewnym momencie zrównoważony przez ekspansję przestrzeni, wynikającą z zasady holograficznej

i od pewnego momentu grupy galaktyk zaczynają być unoszone z przyspieszeniem. Takie wyjaśnienie podał w 2010 roku George Smoot, także laureat Nagrody Nobla z fizyki. Dotychczas przyspieszenie ekspansji Wszechświata tłumaczono działaniem tzw. ciemnej energii.

W 1924 roku Kurt Gödel zaproponował na podstawie ogólnej teorii względności Einsteina ideę wirującego Wszechświata. Nie została ona dalej rozwinięta, ponieważ nasz Wszechświat nie wiruje jako materialna całość. Mimo to w fizyce funkcja falowa posługuje się rotacją jako matematycznym opisem cząstek; także wiele obiektów fizycznie obraca się oraz dużo zjawisk powtarza się cyklicznie.

Pierwszy matematyczny model Wszechświata zaproponował w 1998 roku Max Tegmark, profesor fizyki ze Szwecji. Tych modeli jest obecnie więcej. Jurgen Schmidhuber proponuje pogląd, że nasza rzeczywistość jest matematycznym programem komputerowym.

Obecnie powstają coraz doskonalsze gry i filmy komputerowe, gdzie aktorzy tworzeni są w formie pliku programów komputerowych, którymi można dowolnie manipulować. Takie filmy i gry powstają nie na rzeczywistym planie filmowym, ale w wyobraźni twórcy. Twórca wyobraża sobie całą grę ze wszystkimi możliwościami wyboru i następnie pisze program, który potem realizuje na nośnikach materialnych, tak abyśmy mogli to zobaczyć.

Przy produkcji filmów animowanych w formacie 3D posługujemy się zapisem matematycznym macierzowym, bo takimi macierzami można najłatwiej dokonywać przesunięć, obrotów, powiększeń, itd. Cały obiekt można zapisać przy pomocy systemu macierzy i dokonywać na nim dowolnych manipulacji.

Postaci w takiej grze zachowują się według zaplanowanego programu. Można zaprogramować ich reakcje w różnych miejscach, z którymi ta postać wejdzie w relacje w danej grze komputerowej. Można też zaprogramować systemy, dokonujące wyborów w zależności od zaprojektowanych priorytetów. Może jakiś system zostanie obdarzony taką inteligencją, tak że sam zacznie analizować, kto go stworzył?

## **5. Problem determinizmu w mechanice kwantowej**

Klasyczna interpretacja kopenhaska sugerowała całkowicie probabilistyczny i przypadkowy rozwój funkcji falowej, a więc niemożliwość przewidywania następnych zdarzeń kwantowych. Prawdopodobieństwo zdarzenia określano stałymi fizycznymi i prawami fizyki. Przyjmowano, że prawa i stałe są wieczne. Materia pojawia się w przestrzeni zawsze, bo musi, a raz ułożyła się tak, że powstał nasz Wszechświat. Według tej teorii wszystko jest przypadkowe, niezaplanowane i bez sensu. Matematyczne modele z natury są deterministyczne i zawsze zakładają jakiś plan. Obecnie pracuje się nad modelami pozwalającymi jednocześnie na statystyczny rozkład prawdopodobnego wyniku na poziomie

kwantowym oraz na zdeterminowany wynik na poziomie makro. Pomocna jest tu idea unitarności, gdzie suma prawdopodobieństw wszystkich możliwych skutków jest równa jedności.

Obecne eksperymenty z pojedynczymi elektronami lub jądrami atomowymi sugerują możliwość wpływu na prawdopodobieństwo zdarzeń wewnątrz obszaru zarezerwowanego dla teorii nieoznaczoności. Wykorzystuje się to z coraz większym powodzeniem w konstruowaniu procesorów kwantowych. Powstaje coraz więcej teoretycznych opracowań na temat zachowania się cząstek kwantowych. Według promowanej przez Gerarda t'Hoofta, laureata Nagrody Nobla, zasady holograficznej ilość informacji w naszym obserwowalnym Wszechświecie jest olbrzymia, ale skończona. Relacje między nimi też są ograniczone do skończonej liczby. Jean Brickmont z Katolickiego Uniwersytetu w Lowanium w Belgii wyjaśnia, że wolny wybór w mechanice kwantowej nie oznacza chaosu w popularnym rozumieniu. Probabilistyczny charakter zachowania się cząstki kwantowej polega na wybraniu tylko jednej z dwóch możliwości, co powoduje odrzucenie wszystkich zdarzeń przewidzianych dla drugiej możliwości. Podobnie jak w totolotku, gdzie wybranie jednej liczby eliminuje ją z następnych ciągów. Tak więc dla skończonej ilości informacji istnieje skończona ilość wyborów, przy czym jedne są bardziej prawdopodobne, a inne mniej.

Asher Perez – jeden z twórców współczesnej informatyki kwantowej – twierdzi, że nie można mylić determinizmu z realizmem. Jeśli z doświadczenia A. Legetta wynika, że nigdy nie obserwujemy realnego zachowania się cząstki, a tylko relację z niemożliwymi do identyfikacji informacjami, to nawet przy maksymalnie określonych warunkach zachowanie cząstki będzie tylko prawdopodobne.

## **6. Kwantowa strzałka czasu**

Pomimo pewnych różnic w czasie trwania kreacji i rozpadu niektórych cząstek, na fundamentalnym poziomie kwantowym nie ma jednoznacznej preferencji co do kierunku czasu, bo także przyszłość może wpływać na przeszłość, co już zauważyli w 1945 roku Feynmann i Wheeler. Na przykład antycząstka jest dalej tą samą cząstką, ale jakby odtwarzającą swoją drogę w czasie wstecz. Wprowadzili oni pojęcia absorpcji i emisji informacji, według których cząstka nie oddziałuje sama ze sobą, ale tylko i wyłącznie z otoczeniem. Umożliwia to proces renormalizacji i potwierdza zasadę zachowania energii.

Na tej bazie John Cramer stworzył transakcyjną interpretację mechaniki kwantowej, gdzie oddziaływania między cząstkami tworzą stojącą falę nakładających się informacji z przeszłości i przyszłości (retarded and advanced wave). Potwierdza to eksperyment Afshara, podczas którego w zasadzie cząstka zawsze zachowuje się jak fala. Profesor Cramer zaproponował eksperymenty z kwantowo splątanymi fotonami, gdzie informacja przekazywana jest dwoma różnymi światłowodami równocześnie, pomimo różnic w odległości, jakby



z wyprzedzeniem czasowym. Jest to tzw. sprzężenie zwrotne przyczynowości (retrocausality).

Czy można określić kiedy cząstka jest pod wpływem informacji z przeszłości, a kiedy z przyszłości? Niestety nie możemy tego stwierdzić, ponieważ proces ten odbywa się poza możliwościami naszego poznania określonego teorią nieoznaczoności. Z tego wynika, że efekt nie jest wynikiem tylko znanej przyczyny, ale może też być konsekwencją przyszłych zdarzeń, jeszcze nieznanymi. Dlatego na poziomie kwantowym mamy do czynienia ze statystyką, a nie z przyczynowością klasyczną.

Anton Zeilinger przeprowadził w kwietniu 2012 na Uniwersytecie w Wiedniu eksperyment na dwóch parach splątanych fotonów, które zachowują się tak, jakby wiedziały o swoim przyszłym zachowaniu. W 2012 roku podczas eksperymentów w National University of Singapore zauważono też, że nawet niesplątane kwantowo cząstki mogą być wykorzystywane w kwantowej informatyce. Podobne eksperymenty przeprowadzono też w Australian National University of Queensland i angielskim uniwersytecie w Oxfordzie. Używając właściwych narzędzi można z dysharmonicznego szumu (quantum discord) także odczytać pożyteczne informacje.

## 7. Podsumowanie

Obecnie trwa dyskusja między fizykami, czy przestrzeń jest ciągła czy dyskretna. Teoretyczne rozważania sugerują istnienie minimalnych wielkości, jakimi są długość i czas Plancka. Jest kilka projektów, m.in. w Fermilab, gdzie próbuje się zbudować czułe instrumenty mogące potwierdzić cykliczność informacji odpowiadającej długości fali Comptona dla protonu. Jest to trudne, bo jeśli nasza rzeczywistość jest zapisana matematycznie, to taka informacja może być odbierana równocześnie w sposób ciągły jak i dyskretny. Prawdopodobnie obydwa modele – matematyczny i fizyczny – są kompatybilne. Ilość wymiarów zdaje się też być umowna, na co wskazuje odkryta przez J. Maldacene realizacja zasady holograficznej, tzw. korespondencja AdS/CFT.

Być może w przyszłości dowiemy się jak kwantowa informacja jest zaprogramowana i dlaczego z tego wynikają takie a nie inne prawa fizyki, zgodnie z którymi pomimo braku przyczynowości na fundamentalnym poziomie kwantowym wszystko zdaje się mieć swoją przyczynę w obserwowanym codziennie świecie makro.

Możliwość tworzenia algorytmów i wykonywanie obliczeń na poziomie kwantowym sugerują, że prawdopodobieństwo zdarzeń kwantowych w założonych warunkach można określić. Wynika z tego, że ilość informacji w zamkniętym układzie jest stała, a probabilistyczny charakter mechaniki kwantowej wynika z bariery nieoznaczoności, obrazującej przejście z modelu matematycznego do modelu fizycznego (materialnego), jaki jedynie jest możliwy do obserwowania naszymi zmysłami.

W matematycznym modelu Wszechświata prawa fizyczne są tylko uogólnionym przybliżeniem najczęstszych relacji między informacjami. Zgodnie z teorią Gödla o niekompletności, zawsze mogą zdarzyć się zjawiska nieprzewidziane przez prawa fizyki. Największym z nich jest to, że nasz świat istnieje, chociaż przy niekontrolowanym chaosie nie powinien istnieć.

Czy nasz świat działa jak zaprogramowany komputer? W tej chwili jeszcze trudno na takie pytanie odpowiedzieć jednoznacznie, ale taka możliwość teoretycznie i praktycznie jest możliwa. W odpowiednio przygotowanym środowisku można stworzyć warunki do samoistnego powstawania programów cząstkowych. Jeśli zatem istnieje genialny program obsługujący naszą rzeczywistość z możliwością dokonywania dobrych i złych wyborów, a mimo to całość dalej działa, to musi być też super-genialny twórca takiego programu.

Ciekawym przykładem jest działanie ludzkiego mózgu. Informacje są kodowane w całym jego obszarze w formie engramu i relacje między poszczególnymi neuronami realizują proces myślowy, przy czym ilość neuronów podwyższa tylko dokładność tego procesu, nie zmieniając samej treści. Jeśli istota ludzka jest samodzielnym programem działającym w środowisku informatycznym, to leczenie chorób można traktować jako naprawę uszkodzonych programów tworzących tę istotę ludzką. Znany przykładem są tu wszystkie choroby psychosomatyczne. Obecnie próbuje się leczyć nowotwory przez naprawianie zestawu informacji w kodzie genetycznym. Po skończeniu życia człowiek przestaje być samodzielnym programem, ale wszystkie informacje z jego życia pozostają w nieznannej superpozycji kwantowej z otoczeniem, tak jak to jest ujęte w dekoherencji kwantowej. Dla ludzkich zmysłów jest to zakryte obszarem nieoznaczoności, w którym nie obowiązują znane nam prawa.

Znaczenie informacji rośnie i administratorzy np. portali społecznościowych jak Facebook, LinkedIn, Tweeter mają wpływ na miliony użytkowników. Ta tendencja będzie się nasilać w przyszłości. Celem jest zarządzanie informacjami, ale też poznanie źródła ich pochodzenia. Kluczowe będzie tu rozwikłanie istoty informacji kwantowej.

Z pozornego chaosu na poziomie kwantowym wyłania się jednak pewien porządek. Czy nie sugeruje to działania nadrzędnej inteligencji, która planuje historię, chociaż dopuszcza wolny wybór na fundamentalnym poziomie? Nasz Wszechświat istnieje pomimo dokonywania przez materię złych wyborów, a fotony starają się zwiększyć chaos i entropię.

## **Bibliografia**

- Bohm, D. (1993), *The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Theory*, Routledge Chapman i Hall, ISBN 0-415-06588-7.
- Cramer, J. (1986), The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics, *Reviews of Modern Physics* 58, 647-688, July 1986.
- Goldstein, S. (2001), Bohmian Mechanics, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- Horodecki, R. (2011), *Quantum entanglement*, Uniwersytet Gdański.

- Jacyna-Onyszkiewicz, Z. *Czy istnieje kres podzielności materii?*, PAN 3/2007. [dostęp 2010-09-21].
- Kryszewski, S. (2010), *Skrypt do mechaniki kwantowej*. Uniwersytet Gdański.
- Landauer, R. (1993), *Information is Physical*, Proc. Workshop on Physics and Computation, Phys Comp. '92, Los Alamos.
- Misner, C.W., Thorne, K.S. i Zurek, W.H. (2009), *John Wheeler, relativity, and quantum information*, Physics Today 62 (4) 40-46.
- Nielsen, M.A. i Chuang, I.L. (2000), *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press.
- Wheeler, J. A. i Feynman, R. P., "Interaction with the Absorber as the Mechanism of Radiation" Caltech Library of Authors.
- Wootters, W.K. i Zurek, W.H. (2009), *The no-cloning theorem*, Physics Today 62 (2) 76-77.
- Żurek, W.H., Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical, *Reviews of Modern Physics* 2003, 75, 715 or Arxiv.org./abs/quant-ph/0105127.
- Żurek, W.H. (2002), *Decoherence and the Transition from Quantum to Classical—Revisited Los Alamos Science Number 27 2002*.

## Abstract

### Quantum Computers Construction Perspectives

Contemporary digital computers require data to be encoded into binary digits (bits). Quantum computation uses quantum properties to represent data and perform operations on these data in a similar way to the analog, non-deterministic and probabilistic computers. One example is the ability to be in more than one state simultaneously. One of the great challenges is controlling or removing quantum decoherence. This usually means isolating the system from its environment, as interactions with the external world cause the system to decohere. This effect is irreversible, as it is non-unitary, and is usually something that should be highly controlled, if not avoided. It has been speculated that theories of quantum gravity, such as M-theory or loop quantum gravity, may allow even faster computers to be built. Currently, *defining* computation in such theories is an open problem due to the *problem of time*, i.e. currently there is no obvious way to describe what it means for an observer to submit input to a computer and later receive output. The mathematical model of the universe suggests that the wave function of the Schroedinger equation is created by the mathematical relations of a particle with other particles and the uncertainty due its Compton wave is proportional to the lack of the relation with the rest of the particles. It shows that matter, space and time are not fundamental, but they are derived from a programmed field of mathematical information. The specific sequences of the relation between information exhibit the laws of physics and therefore our universe may exist.

**Nota o autorze**

Autor pracuje w swoim przedsiębiorstwie usługowo-handlowym i z zamiłowania interesuje się informatyką kwantową, a szczególnie jej wpływem na filozofię przyrody.