

Rozdział 1 – Wstęp

1. Wszechświat w skali największej i najmniejszej

Spróbujmy przyjrzeć się bliżej historii Wszechświata od jego powstania do dnia dzisiejszego. Musimy w tym celu przede wszystkim oswoić się ze skalą obiektów i zjawisk znacznie odbiegających od naszego codziennego doświadczenia. Z jednej strony sięgniemy do najmniejszych znanych fizykom struktur mikroświata, z drugiej – przywołamy obraz Wszechświata w największej skali. Rozpoczniemy od porównania rozmiarów i odległości różnych obiektów, a więc skali długości.

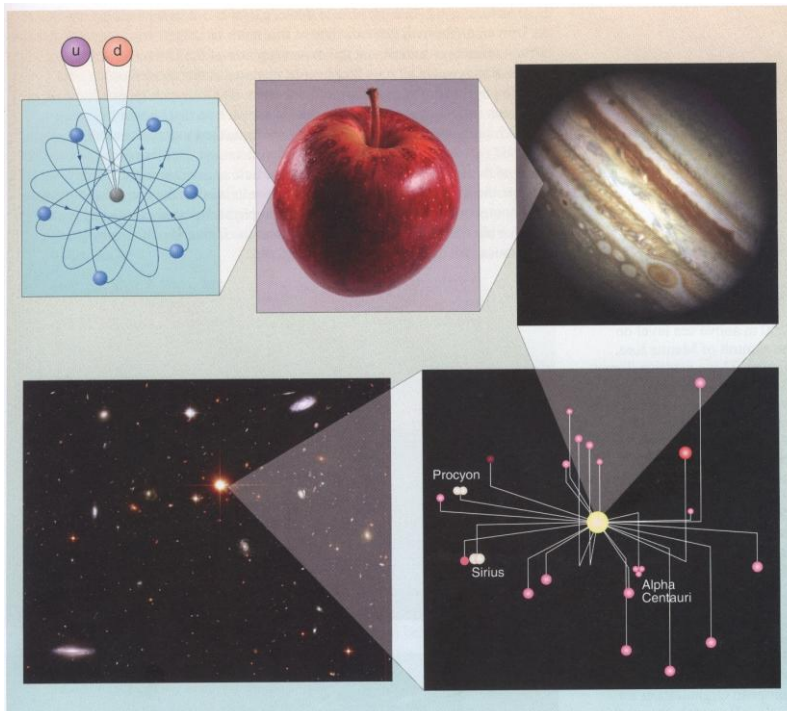
Choć słowa „kwark” i „kwazar” mogłyby się znaleźć na tej samej stronie słownika terminów fizycznych, obiekty do których się one odnoszą można umiejscowić na przeciwległych biegunach skali rozmiarów we Wszechświecie. Kwarki to podstawowe składniki materii o rozmiarach mniejszych niż  $10^{-19}$  m, zaś kwazary symbolizują najodleglejsze obiekty obserwowanego Wszechświata, od których dzielić nas może dystans  $10^{26}$  m.

- *Ile razy odległość najdalszych kwazarów przewyższa rozmiary kwarka?*
- $10^{26} \text{ m} : 10^{-19} \text{ m} = 10^{26+19} = 10^{45}$

Odległość najdalszych kwazarów jest 45 rzędów wielkości większa od rozmiarów kwarka.

Te dwie skale rozmiarów – oddzielone czynnikiem miliard miliardów miliardów miliardów miliardów razy – reprezentują ekstremalne przypadki wysiłków podejmowanych przez ludzki umysł w celu zrozumienia otaczającego nas świata. Kwarki i kwazary reprezentują więc aktualnie granice naszych możliwości poznawczych Wszechświata jako całości.

Zanim rozpoczniemy tę eksplorację, zatrzymajmy się jeszcze na moment, by właściwie ocenić ten rozległy obszar skali rozmiarów zawarty w prostym stwierdzeniu „od kwarków do kwazarów”. Czynnikiem miliard razy ( $10^9$ ) to dziewięć rzędów wielkości. W skali rozmiarów odpowiada to przejściu od rozmiarów mniejszych niż monety 1-groszowej (ok. 1 cm, tj.  $10^{-2}$  m) do wielkości planety Ziemi (w zaokrągleniu do pełnych dziesiątek 10 000 km, czyli  $10^7$  m). W drodze od kwarków do kwazarów jest jednak aż *pięć* takich skoków skali o czynnik miliard razy!



Rys. 1.1. Kwarki (pokazane jako cząstki oznaczone symbolami „u” i „d”) są miliard razy mniejsze od atomu, który z kolei jest miliard razy mniejszy od jabłka. Kolejne skoki skali o miliard razy towarzyszą przejściom od jabłka do Jowisza, od Jowisza do odległości do najbliższych gwiazd oraz od odległości do najbliższych gwiazd do odległości kwazarów.

Aby lepiej uświadomić sobie bogactwo napotkanych po drodze struktur i zjawisk, proponujemy zapoznać się z interaktywną animacją pt. *Skala Wszechświata*, dostępną m.in. pod adresem <http://htwins.net/scale2/>.

Próba opisanie i zrozumienia Wszechświata to z pewnością najbardziej ogólne i bodaj najambitniejsze zadanie nauki. Choć zagadnienia takie jak globalne ocieplenie czy inżynieria genetyczna mają większe praktyczne znaczenie dla naszej egzystencji na planecie Ziemi, trudno wyobrazić sobie bardziej fundamentalne zagadnienia naukowe niż:

- Jak zachowuje się Wszechświat w najmniejszej i największej skali?
- Jakim prawom podlega?
- Jak zmienia się w czasie?

Elementy odpowiedzi na te pytania odnajdziemy w **kosmologii i fizyce cząstek**. Naukowcy pracujący w tych wydawałoby się niepowiązanych obszarach wiedzy, opartych na badaniach świata w skali niewyobrażalnie wielkiej i małej, w ostatnich latach odnajdują coraz więcej powiązań między badanymi przez nich procesami i zjawiskami. Chcielibyśmy zabrać was w podróż od kwarków do kwazarów i zapoznać z kluczowymi zagadnieniami fizyki współczesnej, rozwiniętymi w ostatnim stuleciu i tworzącymi zręby naszej wiedzy o funkcjonowaniu Wszechświata.

## 2. Kosmologia i fizyka cząstek

Kosmologia to dziedzina nauki zajmująca się Wszechświatem jako całością. Narzędziami badawczymi dla kosmologów są największe dostępne teleskopy (fot. 1.2), pozwalające dostrzec galaktyki na krańcach obserwowanego kosmosu. Na pierwszy rzut oka może się wydawać dziwne, że obiektem ich zainteresowań mogą też być wyniki odkryć dokonywanych przez fizyków cząstek, pracujących na wielkich akceleratorach cząstek. W wielkim zderzaczach hadronów (LHC) w ośrodku CERN pod Genewą (fot. 1.3) kieruje się naprzeciw siebie dwie wiązki cząstek o ogromnej energii, by śledzić skutki ich wzajemnej kolizji i zachodzących wówczas reakcji. Ale to właśnie te warunki przypominają mogą wysokoenergetyczny stan Wszechświata tuż po powstaniu, w chwili stanowiącej bilionową część sekundy po Wielkim Wybuchu.



Fot. 1.2. Kopyły teleskopów Kecka w obserwatorium na szczycie Mauna Kea na Hawajach (4200 m. n.p.m.). Każda kopyła zawiera teleskop o 10-metrowej średnicy zwierciadła głównego. Po oddaniu do użytku w roku 1997 były to największe na świecie teleskopy optyczne, umożliwiające obserwacje obiektów 250 milionów razy słabszych oraz w skali 500-krotnie dokładniejszej niż możliwości ludzkiego oka.



Fot. 1.3. Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) w CERNie, światowym centrum badań nad cząstkami. LHC to pierścień o obwodzie 27 km, wewnątrz którego zderzać się będą czołowo dwie wiązki wysokoenergetycznych protonów. Warunki fizyczne pod pewnymi względami przypominać będą te, które we Wszechświecie istniały w chwili bilionowej części sekundy od Wielkiego Wybuchu.

Przykładem wzajemnego wpływu na siebie obu dziedzin mogą być badania neutrin – niezwykle przenikliwych cząstek elementarnych o znikomej masie spoczynkowej. Kilka lat temu kosmologowie badający reakcje w młodym Wszechświecie ogłosili, że neutrino nie może występować w więcej niż trzech odmianach. Gdyby na przykład było ich 4 rodzaje, we Wszechświecie obserwowalibyśmy większą zawartość helu. Z kolei fizycy, badając rozpady egzotycznych cząstek w ogromnych akceleratorach, też oznajmili, że zachodziłyby one w innym tempie, gdyby odmian neutrin było więcej lub mniej niż trzy. Tak oto zarówno badania w skali mikro, jak i makro utwierdzają nas w przekonaniu, że we Wszechświecie występują tylko trzy rodzaje neutrin.

Badania kosmologii i fizyki cząstek wzajemnie się uzupełniają. Stanowią awangardę współczesnej nauki i wspólnie tworzą pasjonującą i stymulującą historię rozwoju myśli naukowej.