

## Milenijne szaleństwo

Pod taką nazwą odbyła się na Uniwersytecie w Michigan jedna z sesji konferencji *Struny 2000* poświęconej superstrunom. Chodziło o wybranie 10 najbardziej zastanawiających problemów, nad rozwiązaniem których fizycy powinni głowiąć się przez następne milenium. Z listą tą nie są związane żadne nagrody, ale znalezienie odpowiedzi na którekolwiek z poniższych pytań w zasadzie gwarantuje wycieczkę do Sztokholmu. Ostatecznego wyboru dokonali Michael Duff, David Gross i Edward Witten.

### 1. Czy wszystkie (mieralne) bezwymiarowe parametry charakteryzujące świat fizyczny można obliczyć, czy też niektóre są dziełem przypadku?

Inaczej mówiąc, czy stałe fizyczne mogłyby mieć inne wartości niż mają? Wiadomo, że Wszechświat wyglądałby zupełnie inaczej, gdyby zmienić wartość stałej Plancka, prędkość światła, ładunek, albo masę elektronu. Nie wiadomo jednak, czy taka zmiana byłaby w ogóle możliwa. Czy istnieje jakaś ukryta symetria determinująca zależności między poszczególnymi parametrami teorii fizycznych?

### 2. W jaki sposób grawitacja kwantowa może pomóc w wyjaśnieniu powstania Wszechświata?

Dwie podstawowe teorie współczesnej fizyki to ogólna teoria względności opisująca oddziaływania grawitacyjne oraz mechanika kwantowa, na której opiera się tzw. model standardowy opisujący oddziaływania mikroświata. Czy i kiedy uda się połączenie tych dwóch teorii w jedną grawitację kwantową?

### 3. Jaki jest czas życia protonu i skąd on wynika?

Protony wyglądają na bezwzględnie stabilne. A jednak wszelkie próby tzw. Wielkiej Unifikacji łączącej w jedną teorię oddziaływania mikroświata przewidują, że protony rozpadają się, choć z niezwykle długim czasem życia. Jest on co najmniej tyle razy większy od wieku Wszechświata, ile razy wiek Wszechświata jest dłuższy od roku. Odpowiedź na pytanie o sam czas życia protonu powinna przynieść jakaś kolejna wersja eksperymentu typu SuperKamiokande polegającego na obserwacji olbrzymiej liczby protonów w nadziei przychwycenia któregoś do rozpadaniu się.

### 4. Czy natura jest supersymetryczna, a jeżeli tak, to jak supersymetria jest łamana?

Wszystkie współczesne próby stworzenia kwantowej grawitacji zakładają supersymetrię postulującą symetrię między budującymi materię fermionami a przenoszącymi oddziaływania bozonami. Symetria ta musi być jednak złamana: supersymetryczni partnerzy znanych cząstek muszą być obdarzeni większą masą, gdyż nie udało się ich dotąd zaobserwować. O supersymetryczności natury mamy szansę przekonać się na drodze doświadczalnej już w ciągu najbliższej dekady. Wtedy, być może, zrozumiemy, jak działa mechanizm ukrywający supersymetrię.

### 5. Dlaczego Wszechświat wydaje się mieć jeden wymiar czasowy i trzy przestrzenne?

Po pierwsze, czy to wszystko, czy też istnieją ukryte wymiary przewidywane przez teorię strun? Po drugie, ile by tych wymiarów nie było, to dlaczego jest ich właśnie tyle?

### 6. Dlaczego stała kosmologiczna ma taką wartość, jaką ma? Czy jest równa zero i czy naprawdę jest stała?

Ostatnio obserwacje astrofizyczne wskazują na różną od zera stałą kosmologiczną. Planowane na nadchodzącą dekadę precyzyjne pomiary mikrofalowego promieniowania tła powinny ostatecznie przesądzić o jej wartości. Tymczasem z fundamentalnego rachunku wynika, że powinna mieć ona wartość około 122 rzędu wielkości większą niż w tej chwili mierzona. Błądność tego rachunku wynika z samego faktu jego przeprowadzenia. Gdyby był poprawny, to nasz Świat by po prostu nie istniał. Nie ma nikogo, kto miałby dobry pomysł na rozwiązanie tego problemu (dlatego rzadko mówi się o nim).

### 7. Jakie są podstawowe stopnie swobody Teorii M i czy opisuje ona Naturę?

Ta enigmatyczna teoria, będąca jedenastowymiarową supergrawitacją, zawierającą wszystkie pięć wersji teorii superstrun, jest postrzegana jako najbardziej obiecująca tzw. Teoria Wszystkiego. Nie wiadomo jednak do końca ani jak ona naprawdę wygląda, ani czy ma cokolwiek wspólnego z realnym światem.

### 8. Jakie jest rozwiązanie paradoksu informacyjnego czarnej dziury?

Zgodnie z mechaniką kwantową informacja (w sensie liczby obserwowalnych stopni swobody) nie może ginąć. Co się jednak dzieje z informacją „wpadającą” do czarnej dziury? Czy wbrew mechanice kwantowej informacja ta jest tracona, czy też pozostaje „wyświetlona” na horyzoncie czarnej dziury?

### 9. Jaka fizyka wyjaśnia olbrzymią różnicę między skalą Plancka a typową masą cząstek elementarnych?

Innymi słowy, dlaczego grawitacja jest tak słaba w porównaniu do innych znanych oddziaływań? Ostatnio zapostulowano, że jej słabość wynika z częściowego uwięzienia w dodatkowych wymiarach. Wykazanie tego może być w zasięgu najbliższej generacji eksperymentów. W przeciwnym przypadku bezpośrednio doświadczalna weryfikacja odpowiedzi na to pytanie może w ogóle nie być możliwa.

### 10. Czy potrafimy za pomocą chromodynamiki kwantowej ilościowo zrozumieć uwięzienie kwarków i gluonów oraz nieistnienie bezmasowych hadronów?

Odpowiedź na to pytanie wymaga znalezienia metody rozwiązywania równań teorii oddziaływań silnych. W tej chwili największe nadzieje wiąże się z rachunkami na siatkach, w których ciągną czasoprzestrzeń przybliża się za pomocą punktów kratowych. Wymaga to olbrzymiej ilości czasu komputerowego. Może jednak uda się znaleźć jakąś zupełnie inną metodę?

Czy poznamy kiedyś odpowiedzi na te fundamentalne pytania? Nie jest to pewne. Można jednak zgodzić się „z przewodniczącym jury” Grossem, że pytania są często ważniejsze od odpowiedzi. Na pewno będą one jeszcze długo w centrum zainteresowania „strunowców”, wybitnych umysłów, do których nie przyzna się ani uczciwy matematyk, ani fizyk. Tylko szaleńcy zostają pionierami.

Piotr ZALEWSKI