

Aktualności (nie tylko) fizyczne

Czy można zawrócić czas? Nasze codzienne doświadczenie nie potwierdza takiej możliwości. Szklanki tłuką się, zdjęcia zółkną, znajome twarze zacierają się w pamięci. Choć zdefiniowanie pojęcia czasu jest otwartym problemem filozofii od jej zarania, a fizyki od co najmniej zeszłego wieku, to nie natrafiamy na żadną trudność w posługiwaniu się czasem. Oczywiście, jeżeli nie liczyć jego nieustannego braku. Tę jedyną trudność łatwo usunąć, przyjmując rady mądrych mnichów: „opusz to, co zbędne, a będziesz miał czas na wszystko”. Niestety, trafnie zauważył pewien wschodni mędrzec zapytany o to, dlaczego tak trudno osiągnąć nam skupienie: „bo ja, jak siedzę, to siedzę, jak stoję, to stoję, jak idę, to idę, a wy, jak siedzicie, to już stoicie, jak stoicie, to już idziecie, jak idziecie, to już jesteście u celu”.

Za radą mistyków skupmy się na naszym temacie. To, że łatwo nam rozpoznać upływ czasu, najlepiej widać przy oglądaniu filmu odtwarzanego wstecz. Najprostsze sytuacje zaczynają nas śmieszyć. Ludyczność takiej rozrywki świadczy o głębokiej sprzeczności oglądanego urywka z tym, co obserwujemy w naturze. Ale czy tak jest zawsze? Ciężkie wahadło na długim sznurze, zderzenie metalowych kulek na marmurowym blacie, ruch sztucznego satelity na tle rozgwieżdżonego nieba to tylko kilka przykładów tzw. procesów (prawie) odwracalnych. Wszystkie charakteryzują się dużym stopniem izolacji od otoczenia, a w konsekwencji trudnością w rozpoznaniu, czy filmu nie puszczono wstecz. Jeżeli zaniedbamy opory ruchu, to izolowane ciało ma tylko jedno wyjście. Musi słuchać sir Izaaka Newtona, a w jego mechanice (w tych przypadkach) nie ma różnicy, czy czas biegnie tak czy siak. Dopiero fizyka statystyczna tłumaczy to, co każdy widzi. Układ ciał częściej znajduje się w stanie, który można zrealizować na wiele sposobów (jak rozbitą szklankę), niż w jakimś szczególnym stanie (jak cała szklanka). Świat rozwija się, dążąc do jak największego chaosu. To właśnie jest podstawą naszego poczucia czasu.

Jeżeli jednak uwolnimy się od układu wielu ciał i zjedziemy na poziom oddziaływań elementarnych, to znowu kierunek upływu czasu wydaje się, a raczej wydawał się nie mieć znaczenia. Podobnie, prawa fizyki wydawały się niezmiennicze względem odbicia zwierciadlanego, czyli parzystości (P jak *parity*), czy też zmiany ładunków na przeciwne, czyli parzystości ładunkowej (C jak *charge*, czyli ładunek) zamieniającej materię na antimaterię. Piszę „wydawały się”, ponieważ stwierdzono, że tzw. oddziaływania słabe nie zachowują parzystości (P). Pozwala to na odróżnienie za ich pomocą układu lewoskrętnego od prawoskrętnego, ale pod warunkiem, że wiemy, czy mamy do czynienia z materią, czy z antimaterią. Parzystość kombinowana CP wydawała się dalej zachowana, aż w 1964 roku odkryto jej łamanie w rozpadach neutralnych kaonów, dla których możliwe jest przechodzenie cząstki w antycząstkę w wyniku oddziaływań słabych.

Co to jednak ma wspólnego z odróżnianiem przyszłości od przeszłości? Okazuje się, że z jednej strony teoria przewiduje, a obecnie również doświadczenie potwierdza

niezmienniczość oddziaływań mikroświata względem kombinowanej parzystości CPT. Puść od tyłu (T jak *time*, czyli czas) odbity w lustrze (P) film z materią zamienioną na antimaterię (C), a otrzymasz obraz realizowalny w rzeczywistości. Jeżeli tak, to łamanie CP implikuje równoważące je łamanie symetrii czasowej T. Wypadałoby to jednak sprawdzić, żeby nie było jak z tym teoretykiem z dowcipu, który widząc najpierw jedną osobę wchodzącą do domu, a następnie dwie wychodzące, uznał, że gdy teraz ktoś do domu wejdzie, to dom będzie pusty.

Sprawdzenie takie wydaje się bardzo proste pojęciowo (przynajmniej prostsze niż stwierdzenie łamania CP, którego tu nie będziemy wyjaśniać). Aby zaobserwować łamanie T, wystarczy sprawdzić, że prawdopodobieństwo przejścia kaonu w antykaon $K^0 \rightarrow \bar{K}^0$ jest inne od prawdopodobieństwa odwróconego w czasie procesu $\bar{K}^0 \rightarrow K^0$. W tym celu potrzebne jest stwierdzenie, czy mamy do czynienia z cząstką, czy antycząstką, zarówno w momencie produkcji, jak i rozpadu.

W praktyce okazało się to jednak dużo trudniejsze niż wykrycie łamania CP czy nawet potwierdzenie niezmienniczości CPT. W sposób statystycznie istotny udało się to po raz pierwszy eksperymentowi CPLEAR działającemu w CERNie [1] dopiero w zeszłym roku. Do produkcji neutralnych kaonów wykorzystano LEAR (Low Energy Antiproton Ring). Niskoenergetyczne antyprotony były zatrzymywane w gazowym wodorze, gdzie anihilując, produkowały układ trzech cząstek $K^-\pi^+K^0$ albo $K^+\pi^-K^0$. Zaobserwowanie ujemnego kaonu i dodatniego pionu świadczyło o wyprodukowaniu kaonu neutralnego, natomiast wykrycie dodatniego kaonu i ujemnego pionu było oznaką pojawiania się antykaonu neutralnego. Do stwierdzenia tożsamości neutralnych kaonów w chwili rozpadu wykorzystano ich semileptonowe rozpady na elektron, neutrino i pion naładowany. Obecność elektronu (odpowiednio pozytonu) zdradzała rozpad kaonu (odpowiednio antykaonu).

Wyselekcjonowanie około miliona przypadków pozwoliło na oszacowanie znormalizowanej różnicy prawdopodobieństw, tzw. asymetrii,

$$\frac{P(\bar{K}^0 \rightarrow K^0) - P(K^0 \rightarrow \bar{K}^0)}{P(\bar{K}^0 \rightarrow K^0) + P(K^0 \rightarrow \bar{K}^0)} = (6,6 \pm 1,3 \pm 1,0) \times 10^{-3},$$

gdzie pierwszy błąd jest statystyczny, a drugi systematyczny. Wielkość efektu jest zgodna z niezmienniczością CPT. W ten sposób, przez 35 lat ukrywające się przed doświadczalnym sprawdzeniem łamanie symetrii czasowej zostało wreszcie potwierdzone. Upływ czasu to nie tylko dążenie do chaosu.

Może to być pocieszające w nawale spraw do załatwienia na wczoraj i daje naukowe podstawy przerobionej na praktykę radzie wspomnianych na początku mistyków: co masz zrobić dziś – zrób jutro, co masz zrobić jutro – nie rób wcale... będziesz miał dwa dni świętego spokoju.

Piotr ZALEWSKI

[1] A. Angelopoulos i inni, CERN-EP/98-153 (wysłane do *Phys. Lett. B*).