



# Za barierą światła

STANISŁAW MRÓWCZYŃSKI

Zgodnie z Einsteinowską teorią względności żadne obiekty nie poruszają się szybciej niż światło. Istnienie takich obiektów naruszałoby bowiem fundamenty naszego rozumienia świata – przyczynę można by mylić ze skutkiem, przeszłość mieszałaby się z przyszłością. Nie bacząc na te fatalne konsekwencje, międzynarodowy zespół dwustu fizyków doniósł właśnie, że cząstki elementarne zwane neutrinami pokonują drogę z Europejskiego Centrum Badań Jądrowych – CERN w Genewie do laboratorium Gran Sasso we włoskiej Abruzji z prędkością większą od prędkości światła. Mamy tu być może do czynienia z arcyważnym odkryciem, trudno też jednak wykluczyć błąd skomplikowanej analizy.

Teoria względności zbudowana jest na wielokrotnie sprawdzanym postulatcie, że wartość prędkości światła jest taka sama dla wszystkich obserwatorów, tych w spoczynku i tych w ruchu. Postulat ten prowadzi w szczególności do wniosku, że żadnej cząstki nie można przyspieszyć do prędkości większej od prędkości światła, gdyż wymagałoby to dostarczenia nieskończenie wielkiej energii przy pokonywaniu bariery prędkości światła. Wykluczać na tej podstawie istnienie cząstek szybszych od światła to tak, jak sądzić, że za niedostępnymi górami nikt nie mieszka, skoro gór nikt nie przekroczył. Tereny za górami mogą zamieszkiwać nieznanie nam ludy, a za barierą prędkości światła mogłyby istnieć cząstki zawsze szybsze od światła. Sytuacja taka nie jest całkiem nieznaną. Fotony – kwanty światła – zawsze poruszają się ze stałą prędkością, nigdy nie spowalniając i nie przyspieszając swego biegu.

Można więc założyć istnienie cząstek zawsze szybszych od światła – nazywa się je **tachionami**, lecz już wkrótce po sformułowaniu teorii względności, w latach dwudziestych XX w., zauważono, że ich obecność naruszałaby fundamentalną zasadę przyczynowości, czyli banalną prawdę, że przyczyna poprzedza skutek. Rzecz w tym, że tachion poruszający się wedle jednego obserwatora do przodu w czasie, dla innego odbywa podróż wstecz w czasie.

Możliwość zaś powrotu do przeszłości prowadzi do konfliktu z zasadą przyczynowości. Wyobraźmy sobie, że jakiś szalony konstruktor buduje wehikuł czasu

i rusza w przeszłość. Spotyka tam swego dziadka i zabija go, zanim ten zdążył spłodzić ojca konstruktora. Mordując dziadka, unicestwia również ojca, więc sam nie może istnieć. A przecież istnieje! Całe zamieszanie wynikało z naruszenia chronologii przyczyn i skutków – wnuczek pojawił się przed swą przyczyną, czyli ojcem. Aby pogwałcić zasadę przyczynowości, nie trzeba nawet podróżować wstecz w czasie, wystarczy przesłać, wykorzystując np. tachiony, informację do przeszłości. Jeśliby Adama powiadomić o wszelkich fatalnych konsekwencjach zjedzenia feralnego jabłka, może nie uległby namowom węża. Pozostalibyśmy w raju, lecz cóż zrobić z odbytą już pokutą za grzech pierworodny? Aby uniknąć takiego zamieszania, przyjmuje się na gruncie teorii względności, że istnienie obiektów szybszych niż światło jest niemożliwe.

Jednak fizycy wciąż się zastanawiają, czy nie da się jakoś obejść tego zakazu Einsteinowskiej teorii. Okazuje się, że zasadę przyczynowości można pogodzić z istnieniem tachionów, jeżeli pojęciom przyczyny i skutku odebrać ich absolutne znaczenie i przyjąć, że to, co dla jednego obserwatora jest przyczyną, dla drugiego może być skutkiem i odwrotnie. Wówczas udaje się sformułować w miarę sensowną teorię, w której dla każdego obserwatora przyczyna zawsze poprzedza skutek, a podróż wstecz czasie jest niemożliwa. Teoria ta, w której natrafiamy niestety na jeszcze inne kłócące się ze zdrowym rozsądkiem sytuacje, nie uwiarygodniła tachionów, lecz uczyniła je obiektami wartymi przynajmniej zastanowienia. Rośnie więc od lat literatura, w której spekuluje się nad konsekwencjami ewentualnego istnienia tachionów, charakterystycznymi ich cechami, możliwościami obserwacji. I ja – autor tego tekstu – na początku swej naukowej drogi uległem urokowi tych hipotetycznych bytów, wyliczając charakterystyki gazu tworzonego przez tachiony. Prowadzono jednak nie tylko teoretyczne badania, podejmowano również próby eksperymentalnego zaobserwowania cząstek szybszych niż światło. Kilkakrotnie ogłaszano sukces poszukiwań. Neutrino już w przeszłości zdawały się ujawniać swą tachionową naturę. Skrupulatna analiza jednak zawsze pozwałała wykryć błędy, co sprawia, że tachiony wciąż wiodą byt jedynie hipotetyczny. ►

► Ostatnie doniesienie o neutrinach poruszających szybciej niż światło jest jednak zupełnie innego kalibru niż te z przeszłości. OPERA – tak nazywa się eksperyment – to wielkie międzynarodowe przedsięwzięcie, w którym uczestniczy 200 fizyków z 13 krajów, pracujących często w wiodących ośrodkach naukowych. Celem eksperymentu nie jest bynajmniej poszukiwanie tachionów, lecz badanie jak najbardziej rzeczywistych neutrin.

Hipotezę ich istnienia sformułowano w 1930 r. dla ratowania jednego z najważniejszych praw fizyki: zasady zachowania energii. Badania tzw. rozpadu beta jąder atomowych sugerowały, że łączna energia produktów rozpadu jest mniejsza niż energia początkowa. A energia może zmieniać swoją postać, nie może jednak ani zanikać, ani rodzić się z niczego. Wolfgang Pauli rozwiązał „energetyczny kryzys” sugerując, że brakującą energię unosi cząstka, później nazwana **neutrinem**, która umyka obserwacji. Swój pomysł przedstawił w znanym liście do fizyków zebranych na konferencji w Tübingen, dokąd nie pojechał „ze względu na odbywające się w Zurichu tańce”. Po latach Pauli pisał o neutrinie jako o „głupiutkim dziecku kryzysu życia, które i później głupio się zachowywało”. Hipotezę istnienia tej cząstki wymyślił, gdy porzuciła go żona („żeby jeszcze dla torreadora, ale dla zwykłego chemika”), a słowa o głupim zachowaniu pasują teraz lepiej niż kiedykolwiek.

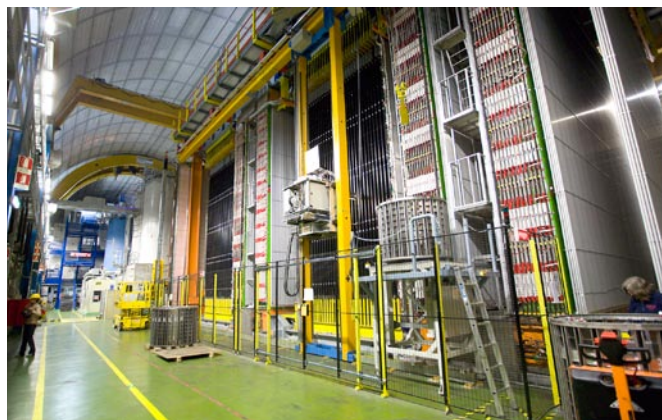
Neutrino bardzo słabo oddziałują z materią, przelatują przez nią, nie zostawiając niemal żadnych śladów. Upłynęło więc aż ćwierć wieku, nim udało się je wykryć. Stało się to możliwe dzięki reaktorom jądrowym, w których zachodzą reakcje dzielenia jąder atomowych. Poza wydzieleniem energii towarzyszy im niezwykle obfita produkcja neutrin. W ciągu sekundy w reaktorze rodzi się ich  $10^{20}$ , liczba tak wielka jak jedynek z 20 zerami. Dysponując tak intensywnym źródłem neutrin, przeprowadzono w 1956 r. rozstrzygający eksperyment.

Miliard razy potężniejszym źródłem neutrin jest Słońce; w jego gorącym wnętrzu zachodzą reakcje syntezy termojądrowej, prowadzące do powolnej przemiany wodoru w hel i powstawania cięższych pierwiastków. Reakcjom tym, dzięki którym otrzymujemy życiodajne ciepło, towarzyszy, podobnie jak dzieleniu jąder w reaktorach, emisja neutrin. W każdej sekundzie biliony słonecznych neutrin przecinają nasze ciało, nie czyniąc nam jednak najmniejszej szkody.

Początkowo znano tylko jeden typ neutrina. Obecnie rozróżniamy trzy rodzaje: elektronowe, mionowe i tauonowe. Niedawno zaś odkryto zdumiewające zjawisko. Występuje mianowicie mieszanie się różnych rodzajów neutrin, np. neutrino mionowe zamienia się z upływem czasu w elektronowe, które po pewnym czasie staje się z powrotem mionowym. Celem eksperymentu OPERA jest właśnie badanie zjawiska mieszania. W tym celu wytwarza się w Europejskim Centrum Badań Jądrowych CERN w Genewie wiązkę neutrin mionowych, która kierowana jest na południe, do Włoch, gdzie w podziemnym laboratorium Gran Sasso bada się, czy po drodze neutrino mionowe nie zmieniły swojej tożsamości.

Wiązkę neutrin produkuje się w CERN, zderzając rozpędzone protony z grafitową tarczą. Powstają wtedy cząstki elementarne zwane **pionami**, których produktami rozpadu są właśnie neutrino mionowe. Układ jest tak zoptymalizowany, aby możliwie duża liczba neutrin trafiała do oddalonych o 730 km, ważących łącznie 1250 ton, detektorów w laboratorium Gran Sasso. W CERN i w Gran Sasso są bardzo precyzyjne zegary zsynchronizowane z wielką dokładnością dzięki systemowi GPS. Czasu przelotu nie mierzy się jednak dla pojedynczych neu-

trin, lecz prowadzona jest statystyczna analiza czasowych charakterystyk procesu produkcji neutrin w CERN i procesu ich rejestracji w Gran Sasso. Na jej podstawie wyliczany jest średni czas przelotu, który ostatecznie pozwala określić prędkość neutrin. Ta okazała się nieco większa niż prędkość światła. Mało kto jednak wierzy, że neutrino są tachionami.



Poziomy widok tunelu z detektorem neutrin



Ściana detektora wypełniona ceglami przełożonymi płytkami scyntylatorów

fot. Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Statystyczny charakter pomiaru zdaje się słabym punktem eksperymentu OPERA, chociaż wielomiesięczne testy wykluczyły możliwość prostej pomyłki. Publikując zdumiewający wynik, członkowie międzynarodowego zespołu fizyków nie spekulują na temat jego dalekosiężnych konsekwencji. Piszą natomiast, że planują prowadzić dalsze testy w celu sprawdzenia całej pomiarowej procedury. Szef przedsięwzięcia **Antonio Ereditato** zaprasza innych fizyków do zgłaszania krytycznych uwag. Możliwa jest i taka ewentualność, że pomiar jest prawidłowy, lecz jego sens jest inny, niż nam się teraz wydaje. Teoria względności mówi o nieprzekraczalności prędkości światła w próżni, a neutrino w eksperymencie OPERA podróżują przez ziemską skorupę. Przypuszczalnie nie ma to znaczenia, ale zarówno ta, jak i inne jeszcze okoliczności wymagają skrupulatnej analizy.

Więści o kruszeniu się fundamentów fizyki są więc zdecydowanie przedwczesne.

STANISŁAW MRÓWCZYŃSKI

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach  
& Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Warszawie