

Laboratorium sensacji

Jakiś czas temu ze zdziwieniem ujrzałem na czołówkach gazet informację, że w CERN – Europejskim Laboratorium Cząstek Elementarnych w Genewie zaobserwowano nowy stan materii zwany plazmą kwarkowo-gluonową. Zderzając rozpędzone jądra atomowe stworzono w laboratorium warunki, jakie panowały zaraz po Wielkim Wybuchu, gdy wszechświat był niewyobrażalnie mały i gorący.

Stanisław Mrówczyński

Przeczytałem kilka pierwszych zdań gazetowej notatki i oniemiałem. Od przeszło 15 lat zajmuję się plazmą kwarkowo-gluonową; dzięki niej pokonałem wszystkie szczeble akademickiej kariery; co roku bywam na kilku konferencjach, gdzie problem domniemanego powstawania plazmy podczas zderzeń jądrowych jest rozważany w najdrobniejszych szczegółach, a o kluczowym odkryciu – zaobserwowaniu plazmy dowiaduję się z gazety. Doczytawszy tekst do końca stwierdziłem jednak, że nic się nie wydarzyło, o czym bym nie wiedział, poza tym, że dzień wcześniej dyrekcja CERN zwołała konferencję prasową, by obwieścić światu odkrycie. To zaś, co przedstawiono jako dowody obecności plazmy kwarkowo-gluonowej, znane jest specjalistom od lat. Tyle że owe dowody uważano za nie dość przekonujące. Domyśliłem się też przyczyn całego medialnego zamieszania. W USA przygotowywana jest właśnie seria nowych doświadczeń, w których plazma będzie zapewne łatwo zauważalna. Trzeba więc ubiec Amerykanów i już teraz zapewnić europejskiemu laboratorium miano odkrywcy.

Choć dla popularyzatora szczególnie to gratka przedstawić przedmiot własnych badań, nie miałem wielkiej ochoty wyjaśniać czytelnikom POLITYKI, co się stało. Jak bowiem pisać o odkryciu, którego nie było. W ciągu następnych tygodni odwiedziłem laboratorium w Genewie, gdzie miał nastąpić mały Wielki Wybuch; wzięłem udział w kolejnym sympozjum, którego uczestnicy, nie bacząc, że odkrycie zostało już odrzucone, dalej zawzięcie dyskutowali, czy plazma kwarkowo-gluonowa jest faktycznie produkowana w zderzeniach jądrowych. Autorzy zaś prasowego oświadczenia CERN podkreślali, że nie ma w nim mowy o odkryciu czy dowodach, a tylko o nieodpartych argumentach. Nie mówi się też o plazmie kwarkowo-gluonowej, lecz o nowym stanie materii mającym jej cechy. Powoli dochodziłem do zawstydzająco oczywistego wniosku, że badania naukowe widziane z bliska wyglądają zupełnie inaczej niż z perspektywy popularyzatora.

Niemal wszystkie ważniejsze dokonania nauki mają skomplikowaną historię. Znaczą ją zwykle drobne pomyłki i poważne błędy, genialne pomysły i przypadkowe odkrycia; wielkość uczonych sąsiaduje ze zdumiewającą małością. Czas robi porządek z tym bałaganem, ustala, nieraz arbitralnie, co było ważne, a co nie; przypisuje, nie zawsze sprawiedliwie, zasługi. Powszechnie wiadomo, że w 1869 r. James Watt wynalazł silnik parowy. A przecież Watt ulepszył jedynie maszynę Newcomena, dokonując licznych zmian w ciągu wielu lat. Wspomniany zaś rok, określony datą jednego z kilku wniosków patentowych Watta, jest czysto umowny. Ciekawe, czy 10 lutego 2000 r. będzie datą odkrycia plazmy kwarkowo-gluonowej. Nim historycy nauki o tym zdecydują, spróbuję wyjaśnić w czym rzecz.

Gdyby całość dokonań przyrodznawstwa streścić jednym zdaniem, to, jak uważał Richard Feynman, jeden z największych fizyków XX wieku, owo zdanie winno brzmieć: świat zbudowany jest z atomów. Nie chodzi tutaj jedynie o dobrze znany fakt, że atomy, czyli jądra atomowe otoczone rojem elektronów, tworzą otaczającą nas materię. Feynman głosi pochwałę redukcjonizmu, stwierdza, że źródłem sukcesów zachodniej nauki jest przekonanie o istnieniu najmniejszych, najprostszych składników, określających strukturę świata. Dążenie do ich poznania jest najbardziej owocną metodą badawczą.

W latach 30. ustalono, że jądra atomowe nie są obiektami elementarnymi. Tworzą je dodatnio naładowane protony i neutralne neutrony. Całe więc bogactwo przyrody zawdzięczamy zaledwie trzem elementom – protonom i neutronom oraz elektronom. O takiej prostocie nawet Demokryt nie marzył. Jednak na początku lat 60. stało się jasne, że protony i neutrony, noszące wspólną nazwę nukleony, także nie są naprawdę elementarne. Są bowiem rozciągłe, a w ich wnętrzach coś grzechocze, czego jednak wydzielić nie sposób. Ponadto, prawdziwie elementarnych składników materii powinno być niewiele – kilka, kilkanaście, a w zderzeniach rozpędzonych jąder atomowych powstawały setki rodzajów cząstek podobnych do nukleonów, a zwanych hadronami. W 1964 r. M. Gell-Mann i G. Zweig niezależnie od siebie wykazali, że wszystkie znane hadrony można przedstawić jako tworzone przez bardziej elementarne składniki, które Gell-Mann nazwał kwarkami. Hadrony zbudowane są albo z trzech kwarków, jak nukleony, lub z kwarka i antykwarka.

Koncepcja Gell-Manna i Zweiga była prawdziwie rewolucyjna. Zakładała ona, że kwarki, których początkowo znano jedynie trzy, a obecnie sześć typów, mają ładunek elektryczny równy, zależnie od rodzaju, 1/3 bądź 2/3 ładunku elektronu. Pomiarów zaś prowadzone od 1910 r. niezmiennie pokazywały, że w przyrodzie występują jedynie ładunki będące wielokrotnością ładunku elektronu. Sprzeczność tę udało się (choć nie do końca) wyjaśnić na gruncie niezwykle pięknej teorii tzw. chromodynamiki kwantowej. Powołała ona do życia jeszcze jeden rodzaj cząstek – gluony, które niczym klej (ang. *glue*)

wiążą kwarki w hadrony. Nadała też kwarkom pewną szczególną cechę – kolor (stąd chromodynamika). Tak jak ładunek elektryczny jest źródłem sił elektromagnetycznych wiążących w szczególności atomy, kwarkom przypisano ładunki zwane właśnie kolorami, które – jak kolory podstawowe – są trzech rodzajów. Każdy z trzech kwarków tworzących proton czy neutron niesie ładunek kolorowy, cała jednak kombinacja jest biała. Kwarki podlegają zasadzie uwięzienia, która dopuszcza ich występowanie jedynie w konfiguracjach kolorowo neutralnych, takich jak właśnie hadrony. Kolorowe kwarki są przeto składnikami doskonałymi – mogą występować tylko jako składniki, nie zaś samoistne obiekty. Z tego też powodu ich ułamkowy ładunek elektryczny przestaje być okolicznością obciążającą, gdyż nie można go wyodrębnić.

A co się stanie, jeśli jądro atomowe ścisnąć tak mocno, że nukleony zaczną wchodzić na siebie. Gdy gęstość będzie odpowiednio wysoka, nukleony zanikną, uwalniając ze swych wnętrz kwarki i gluony. Uzyskamy wtedy plazmę kwarkowo-gluonową. Okazuje się, że taka plazma powstaje nie tylko przez ściskanie materii jądrowej, lecz również przez jej podgrzewanie. Rzecz w tym, że na skutek dostarczania ciepła rodzą się coraz to nowe hadrony i w pewnym momencie panuje, jak przy ścisnaniu, tak ogromny tłok, że materia hadronowa zamienia się w plazmę. Jest sprawą oczywistą, że zaraz po Wielkim Wybuchu, gdy wszechświat był bardzo mały i gorący, materia go wypełniająca była właśnie w postaci plazmy kwarkowo-gluonowej. Gdy potężne gwiazdy wypaliwszy swe jądrowe paliwo zapadają się pod naciskiem sił grawitacji, gęstość materii wzrasta i w pewnym momencie może również powstać plazma. Przypuszcza się także, że materia kwarkowo-gluonowa wypełnia niezwykle gęste jądra gwiazd neutronowych.

Na początku lat 80. zrodził się projekt, by takie kosmiczne warunki stworzyć w laboratorium, zderzając odpowiednio rozpędzone ciężkie jądra atomowe. Ich energia powinna być wielokrotnie większa od masy, a więc należało uzyskać wiązkę relatywistycznych jąder. Trzeba tutaj wyjaśnić, że właśnie energia jądra nie zaś jego prędkość jest dobrą miarą rozpędzenia. Dzieje się tak dlatego, że zgodnie z przewidywaniami teorii względności energia może wzrastać nieograniczenie, podczas gdy prędkość nie przekracza bariery prędkości światła. Pierwsze wiązki relatywistycznych jąder atomowych uzyskano już wkrótce w Berkeley w Kalifornii i w Dubnej pod Moskwą. Energie były jednak zbyt małe, by można było myśleć o wytworzeniu plazmy kwarkowo-gluonowej. Przełom nastąpił w 1987 r., gdy w Europejskim Laboratorium Cząstek Elementarnych (CERN) pod Genewą rozpędzono jądra atomowe do energii blisko 200 razy większej niż ich masa. Początkowo jednak umiano przyspieszać jedynie jądra stosunkowo lekkie, te najcięższe, zawierające jak ołów przeszło 200 nukleonów, dopiero w połowie lat 90.

Jak jednak stwierdzić, że kropla plazmy rzeczywiście została wytworzona podczas zderzenia. Wszak plazma, jeśli powstaje, istnieje zaledwie ułamek sekundy, a później, ochłodziwszy się i rozszerzywszy, zamienia się zgodnie z zasadą uwięzienia w zwykłe hadrony. Nie jest więc możliwa bezpośrednia obserwacja plazmy. Możemy jedynie wykryć pośrednie efekty jej krótkotrwałej obecności. Poszukiwanie plazmy polega zatem na konfrontowaniu danych doświadczalnych z modelami teoretycznymi opisującymi zderzenia jądrowe przy założeniu, że plazma powstaje bądź nie. Odrzucony zostaje ten model, który przeczy doświadczeniu. Postępujemy więc zgodnie z popperowską zasadą falsyfikacji, tyle że kryteria zgodności wbrew wyobrażeniom filozofów nauki okazują się w praktyce nieostre. Od lat przeto toczy się spór, czy można już mówić o powstawaniu plazmy w zderzeniach jądrowych, czy też nie.

Tak jak istnienie czarnych dziur nie budzi już poważnych wątpliwości, argumenty na rzecz powstawania plazmy kwarkowo-gluonowej w zderzeniach jądrowych są coraz bardziej przekonujące. Jakkolwiek pojedyncze wyniki eksperymentów nie mogą być jednoznacznie interpretowane, całość materiału zebranego w ciągu przeszło 10 lat wskazuje na obecność plazmy. Wspomniane na wstępie prasowe oświadczenie CERN jest więc swoistym podsumowaniem sytuacji. Moment zaś został wybrany nieprzypadkowo. W Brookhaven National Laboratory w Stanie Nowy Jork uruchamiany jest właśnie akcelerator RHIC (Relativistic Heavy-Ion Collider). Dzięki innej zasadzie działania tego potężnego urządzenia, energia zderzeń jądrowych zostanie zwiększona dziesięciokrotnie w porównaniu do tej osiąganey w CERN. W europejskich eksperymentach badano zderzenia jąder przyspieszonych w akceleratorze i skierowanych na spoczywającą tarczę. Urządzenie amerykańskie natomiast pozwoli zderzać nalatujące na siebie rozpędzone jądra. Różnica będzie więc taka jak między zderzeniem czołowym z jadącym z przeciwnej strony pojazdem a najechem na zaparkowane auto. Wydaje się, że to, co było w dotychczas wykonanych doświadczeniach jedynie nikłym sygnałem plazmy kwarkowo-gluonowej, bez trudu będzie obserwowane dzięki RHIC. W CERN więc postanowiono nie trudzić historyków nauki zadaniem ustalenia, kto jest odkrywcą, i zwołano konferencję prasową.

Stanisław Mrówczyński

Autor jest fizykiem, pracuje w Instytucie Problemów Jądrowych w Warszawie oraz w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Kielcach.